

21671
2000

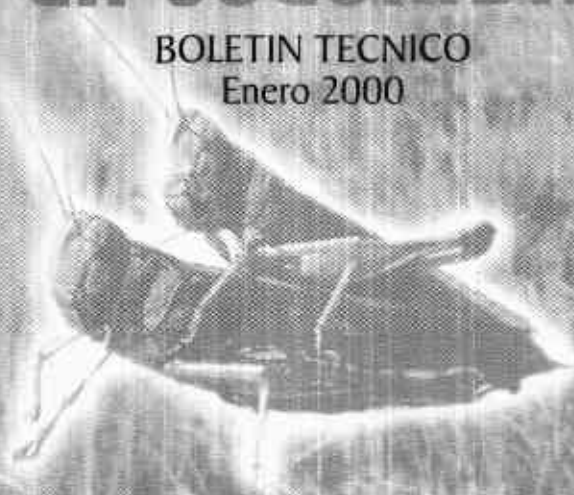
BIBLIOTECA AGRICOLA

DE COLOMBIA

15 FEB 2007

LA LANGOSTA LLANERA EN COLOMBIA

BOLETIN TECNICO
Enero 2000



 **Corpoica**
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria


MINISTERIO DE AGRICULTURA
ICA
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO



IMPRESIÓN EN COLOMBIA

LA LANGOSTA LLANERA EN COLOMBIA

Autores

Investigadores

Everth Emilio Ebratt, I.A.¹
Carlos Espinel Correal, Biólogo,¹
Martha Isabel Gómez, Q.F.²
Laura Fernanda Villamizar, M.Sc.²
Alba Marina Cotes, Ph.D.²
Juan Carlos Gutiérrez, I.A.³
Nancy Barreto Triana, M.Sc.³
Edgar Martínez Granja, Ph. D.³
Guillermo León, I.A.⁴

Estudiantes de Pregrado

Ana María Cámen, I.A.
Yaneth Jiménez, I.A.
Rafael Zamora, Biólogo.
Mario Cortés, Biólogo.
Alba Janeth Florez, I.A.
Clara Orjuela I.A.

Auxiliares de Técnico

Jaime Albarracín
Fabio Gaitán
Rubén Molina
Gabriela Perdomo

Compilador

Carlos Espinel Correal

Editor

Nidia Ramírez González

Programa Nacional Métodos de Transferencia

¹ Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas, Centro de Investigación Carimagua (Pto. Gaitán- Meta) Corpoica
² Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas, Laboratorio de Control Biológico, C.I. Tibaitatá, Corpoica, Km. 14 vía Mosquera, A.A. 240142 Las Palmas, Parque Central Bavaria, Santafé de Bogotá.
³ Programa Nacional de Epidemiología Vegetal, C.I. Tibaitatá Corpoica, Km. 14 vía Mosquera, Santafé de Bogotá.
⁴ Entomología, C.I. La Libertad Corpoica, Km. 4 vía Pto. López Villavicencio - Meta.

Diseño, Diagramación e Impresión: RECEPTORA LTDA. Tel.: 6161036/1046
Número de ejemplares: 1.000
Enero/2000

CONTENIDO

PRESENTACION

LISTA DE FIGURAS

1. HISTORIA EN COLOMBIA

- 1.1. Invasiones de Langostas
- 1.2. Leyendas sobre el Origen de *Rhammatocerus schistocercoides*
- 1.3. Problema Actual de la Langosta Llanera

2. ESTUDIOS BIOLÓGICOS

- 2.1. Biología de *Rhammatocerus schistocercoides*
 - 2.1.1. Biología e identificación
 - 2.1.2. Relación de sexos
 - 2.1.3. Ciclo biológico
 - 2.1.4. Polimorfismo de fases
 - 2.1.5. Quiescencia
- 2.2. Hábitat y Preferencias Alimenticias
- 2.3. Comportamiento
 - 2.3.1. Estado adulto
 - 2.3.2. Instares ninfales
 - 2.3.3. Pérdidas económicas
- 2.4. Controladores Naturales de *R. schistocercoides*.
 - 2.4.1. Descripción general
 - 2.4.2. Observaciones sobre el comportamiento de *Ectatomma ruidum* y *Prionyx thomae*, controladoras naturales de *R. schistocercoides*

3. DINÁMICA POBLACIONAL

- 3.1. Muestra Poblacional
- 3.2. Desplazamientos.
 - 3.2.1. Mapeo epidemiológico
 - 3.2.2. Factores bióticos y abióticos que inciden sobre la población
 - 3.2.3. Capacidad de desplazamiento
 - 3.2.4. Enemigos naturales.

4. CONTROL BIOLÓGICO

- 4.1. Antecedentes
 - 4.2. Generalidades de *Metarhizium* spp
 - 4.3. Selección de Cepas
 - 4.3.1. Bioensayo para la determinación de la dosis letal media (DL50).
-

4.4. Desarrollo Tecnológico de un Bioplaguicida a Base del Hongo *Metarhizium anisopliae*

4.4.1. Producción en medio líquido y separación de *M. anisopliae*

4.4.2. Producción en medio sólido y separación de *M. anisopliae*

4.4.3. Formulación del bioplaguicida

4.5. Evaluaciones del Bioplaguicida en Campo

4.5.1. Evaluación de *M. anisopliae* en condiciones controladas de campo

4.5.2. Evaluación de *M. anisopliae* en condiciones de campo abierto

4.5.3. Impacto ambiental

5. MARCADORES DE VIRULENCIA

6. PERSPECTIVAS

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estacionalidad y ciclo biológico de *R. schistocercoides*
- Figura 2. Comparación entre los índices E/F y F/C en *R. schistocercoides*
- Figura 3. Esquema común del desplazamiento de bandos de *R. schistocercoides* Carimagua 1997 y 1998.
- Figura 4. Influencia de *P. plancus* (carracos) sobre la población de *R. schistocercoides*. Carimagua 1997.
- Figura 5. Bioensayo de laboratorio para la selección de cepas de *M. anisopliae*.
- Figura 6. Actividad insecticida de las cepas de *M. anisopliae* sobre *R. schistocercoides*.
- Figura 7. Bioensayo para la determinación de la dosis letal media (DL50) de las cepas seleccionadas.
- Figura 8. Desarrollo tecnológico del bioplaguicida.
- Figura 9. Proceso de producción en medio sólido y separación del hongo.
- Figura 10. Formulación del hongo *M. anisopliae*.
- Figura 11. Evaluación del bioplaguicida en condiciones controladas de campo. Aplicación sobre estados adultos y estadios ninfales de *R. schistocercoides*.
- Figura 12. Efecto biocontrolador en campo de las cepas formuladas y no formuladas sobre adultos de *R. schistocercoides*.
- Figura 13. Actividad biocontroladora de las cepas formuladas y no formuladas sobre estadios ninfales iniciales de *R. schistocercoides*.
- Figura 14. Tipos de acceso a los bandos de langostas en el momento de aplicar el bioplaguicida en campo abierto.
- Figura 15. Efecto del bioplaguicida en campo sobre ninfas de *R. schistocercoides*, utilizando diferentes formas de aplicación y acceso al bando.
- Figura 16. Metodología utilizada para determinar el efecto del bioplaguicida sobre los bioindicadores *A. laevigata* y *E. ruidum*.
- Figura 17. Efecto de *M. anisopliae* aplicado directamente sobre la hormiga *A. laevigata* en condiciones controladas de campo.

- Figura 18. Efecto de la aspersión de *M. anisopliae* sobre el alimento a ser consumido por *A. laevigata* en condiciones controladas de campo.
- Figura 19. Efecto de la aplicación directa de *M. anisopliae* sobre la hormiga *E. ruidum* en condiciones controladas de campo.
- Figura 20. Efecto del consumo de langostas tratadas con *M. anisopliae* sobre la hormiga *E. ruidum* bajo condiciones controladas de campo.
- Figura 21. Metodología utilizada en los bioensayos para evaluar el efecto del bioplaguicida sobre *P. thomae*.
- Figura 22. Efecto del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* sobre la avispa parasitoide *P. thomae*
- Figura 23. Comportamiento de captura de las langostas por parte de *P. thomae*, después de aplicarle el bioplaguicida.
- Figura 24. Comportamiento de parasitación de las langostas por parte de *P. thomae*, después de aplicarle el bioplaguicida.
- Figura 25. Metodología utilizada en los ensayos para evaluar el efecto de la composición del medio de cultivo en la virulencia de *M. anisopliae* sobre la langosta llanera.
- Figura 26. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre la actividad esterasa en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.
- Figura 27. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre actividad N - acetilglucosaminidasa detectada en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.
- Figura 28. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre actividad enzimática de la quimoelastasa proteasa Pr I en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.
-

PRESENTACION

*Las langostas, por su alta densidad poblacional, comportamiento gregario y voracidad, son plagas importantes para la agricultura y la ganadería. Aunque se presume que este género de acrídido, identificado como *Rhammatocerus schistocercoides*, se detectó en Colombia en 1955, fue en 1994 cuando se presentó una explosión poblacional de gran magnitud. A este insecto, que según la literatura científica existente, es un saltamontes, se le denominó langosta debido a que posee todas las características mencionadas anteriormente.*

En la región de Matto Grosso, en Brasil, periódicamente ocurren explosiones poblacionales de esta langosta, causando grandes pérdidas económicas, tanto en la agricultura como en la ganadería. En Colombia, durante la invasión presentada, se le encontró afectando, en forma severa, las praderas nativas de la altillanura colombiana y se desplazó al piedemonte llanero produciendo daños en estos dos sectores de la producción.

Teniendo en cuenta que esta langosta no era conocida en Colombia y dada la necesidad de proponer una estrategia de control, Corpoica, con el apoyo financiero del ICA y PRONATTA, abordó una investigación que contempló tanto estudios de biología y comportamiento de la plaga y de sus enemigos naturales, como su control biológico, lo cual implicó el desarrollo de un bioplaguicida seguro, eficaz y confiable.

Estos estudios exigieron la conformación de un grupo interdisciplinario que de manera unificada, trabajó durante cinco años para producir los resultados que resume este documento.

De otra parte, sería necesario establecer estímulos fiscales para quienes promuevan o realicen un control sostenible de la plaga. En las escuelas, colegios y universidades ubicadas en zonas de influencia del insecto, se debería incorporar, de manera permanente, en el currículum académico, una capacitación sobre su reconocimiento y control; aunque en un momento dado no represente problema, no quiere decir que en otra época, si lo sea, de acuerdo con su incremento poblacional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Colombiano Agropecuario ICA y al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agrícola PRONATTA, por su apoyo financiero en la realización del presente trabajo. A su vez, al Fondo Nacional del Ganado, por su apoyo financiero para el cumplimiento de los objetivos en la determinación de la dinámica poblacional de la plaga.

De igual manera agradecemos al personal directivo y administrativo de la sede central de Corpoica, por permitirnos realizar este trabajo y por su apoyo decidido durante el transcurso del mismo.

Al director de la Regional 8 y al director del Centro de Investigación Carimagua (Meta) tanto por la colaboración oportuna como por poner a disposición esta sede para el trabajo de investigación.

Al coordinador del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP, por su apoyo, iniciativa y compañerismo durante el desarrollo del trabajo.

Al comité directivo del proyecto conformado por miembros del ICA y Corpoica, por sus recomendaciones acertadas.

Al personal técnico y de apoyo tanto en la Regional 1 como en la Regional 8, que de una u otra manera, contribuyeron a la consecución de los objetivos propuestos.

A todo el personal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP, por su amistad y compañerismo permanente y por los aportes que realizaron para enriquecer los resultados de este trabajo.

A todos los estudiantes que participaron en la investigación, quienes, con su dinamismo e ideas creativas, contribuyeron al cumplimiento de los objetivos propuestos.

Al Departamento de Farmacia y Posgrado Interfacultades de Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, a las facultades de Biología de la Universidad de los Andes y de la Pontificia Universidad Javeriana y a las facultades de Agronomía de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia U.P.T.C. y de la Universidad de los Llanos, por su interés demostrado en el transcurso de la realización del trabajo.

Por último, a los residentes de los hatos, fincas y poblaciones de El Meta y El Vichada, por su hospitalidad, su apoyo y, por la información de campo la cual fue muy valiosa para el cumplimiento de los objetivos propuestos, y ante todo, por la amistad que nos brindaron durante los tres años de estadía en Carimagua.

HISTORIA EN COLOMBIA

I



- 1.1. Invasiones de langostas
- 1.2. Leyendas sobre el origen de *Rhammatocerus schistocercoides*
- 1.3. Problema actual de la langosta llanera

I. HISTORIA EN COLOMBIA¹

I.1. INVASIONES DE LANGOSTAS

En Colombia se han reportado especies de langosta desde hace muchos años. El primer registro ocurrió en Pasto, en 1619; los pobladores le rezaban al santo Fray Luis Beltrán para que evitara las invasiones de esta plaga (Molina 1995).

En nuestro país se identificó la región de Cumbitira, cerca al río Patía, en el departamento del Cauca, como punto de origen de una especie de langosta. También en la Laguna del Castigo, localizada en las vecindades del nacimiento del río Magdalena y del Cauca, se decía que salían de allí langostas cada 6, 8 ó 10 años y emigraban, unas veces, al sur y otras, al norte sobre Popayán y seguían el curso del río Cauca. De 1814 a 1815 se extendieron por todo el Valle del Cauca hasta la parroquia de San Andrés en la provincia de Antioquia. Precisamente en el suroccidente de Antioquia existen testimonios orales que relatan invasiones en 1906 y 1909, que venían del departamento de Bolívar; en 1916 la langosta invadió varias regiones del país; de 1918 a 1920 las langostas afectaron a varios pueblos del occidente, suroccidente y bajo Cauca de Antioquia (Molina 1995).

La llegada de la langosta causaba grandes traumatismos, siendo el principal la falta de alimento:

... "Yo estaba de unos ocho años. Iba con mi hermano para la raza cuando menos pensamos escuchamos un zumbido y nos volvimos para mirar y nos encontramos con un gillero que venía volando. Estábamos entretenidos matando los cuando se nos dejó venir la lluvia de esos animales y corrimos asustados para la casa. Mi mamá estaba arrodillada en el patio rezando. Al otro día todo estaba pelado. Del yuca, sólo quedaban los varejones blancos porque la langosta se había comido hasta la corteza. Era tanto el animalero que las maitas de maíz se doblaban al suelo con ellas. Pasamos mucha hambre".

Testimonio de Julián Bolívar,
Informante del municipio de Betulia (Molina 1995)

¹Carlos Espinel Correal. BSC.

Debido a las invasiones de la langosta, los habitantes recurrían a la poca vegetación que esta dejaba para subsistir, ya que se devoraba el maíz tierno, la yuca, el plátano, el frijol, la caña de azúcar, el algodón, la piña, la papaya, los naranjos y otros productos básicos de la agricultura.

... "Solo podíamos coger las hojas de la rascadera para revolverla con los yuyos de la calabacera y hacer sopas. Para darle sustancia, nos tocaba arrancar las puertas para quitarles las bisagras de cuero y echarlas al caldo para que tomara algún gusto. A veces, nos reuníamos con varias familias para comprar un hueso de cadera y nos lo turnábamos por días, para darle sustancia a las sopas"...

... "Como sería el hambre que mi hermano menor, quien en ese entonces tenía dos meses, se comió la punta de la suela de una cotiza, y si no es porque mi mamá lo vio a tiempo, se la come toda..."

Testimonio de Julián Bolívar.
Informante del municipio de Betulia (Molina 1995).

Estos testimonios hablan del estado de pobreza que predominaba luego de la invasión de la langosta. Hacia 1919 otra invasión cubrió los Santanderes, el oriente de Boyacá y los sectores de la Costa Atlántica (Cepeda 1998). Se cree que esta langosta ingresó por Venezuela por las regiones secas de Cúcuta, la Guajira y los Llanos Orientales.

Parece que la plaga que invadió esta zona era *Tropidacris collaris* (Orthoptera: Romaleidae), insecto de coloración verdosa y de tamaño mayor al de *R. schistocercoides*, se alimentaba de yuca, hojas de palmas y de árboles obligando a la gente a alimentarse de cogollos de iraca (Cepeda 1998). Este daño contrastó con los hábitos alimenticios de la langosta llanera los cuales son exclusivamente graminívoros.

En 1890 una especie de langosta fue vista sobre Villavicencio; entre 1916 y 1917 en San Martín y en marzo de 1955 en Puerto Carreño y San Pedro de Arimema, siguiendo los márgenes del río Meta (Corpoica 1996). Aparentemente, estas invasiones fueron realizadas por la langosta llanera y mostraron semejanzas con las registradas en las Sabanas de Apure, en Venezuela, entre 1958 y 1961, en donde según la descripción morfológica del insecto, suministradas por Guagliumi (1958), se trataba de *R. schistocercoides*.

1.2. LEYENDAS SOBRE EL ORIGEN DE LA LANGOSTA

Existen muchas versiones de colonos, de dueños de fincas y de indígenas sobre el origen de la langosta llanera en la región. Muchos de los testimonios vienen de la tradición oral de los padres y abuelos que habitaron el llano. Entre éstos, cabe destacar la siguiente:

"He vivido muchos años en las sabanas de Apure en Venezuela y en el Vichada. Hay una leyenda que dice que la langosta aparece cada 40 años. Estas apariciones coinciden con épocas de gran escasez; así los dioses las mandan desde el centro de la tierra para amortiguar las malas épocas en que no hay yuca. Estas aparecen a la entrada de las aguas en abril; nacen en arenales y se quitan una "camisita". Van creciendo hasta agosto. Cuando son muy pequeñas no se ven los manchones en la sabana, solamente se les siente golpear pies y piernas al cruzar la mancha. Las langostas nos permiten aguantar bastante y las comemos sancochadas o crudas, pero los blancos nos dijeron que no comiéramos langosta"...

Testimonio de la señora Florinda.
Comunidad Indígena San Luis (Vichada) (Cepeda 1998).

Existen otras versiones demasiado fantásticas y especulativas; tal es el caso de una donde se asegura que la plaga fue introducida por los estadounidenses con el propósito de combatir los cultivos ilícitos de la hoja de coca (Cepeda 1998), la cual es falsa si se tiene en cuenta que la langosta no consume esta clase vegetación ya que es graminívora. Otros testimonios manifiestan que los huevos de la plaga vinieron del Brasil mezclados con las semillas de pastos como *Brachiaria* spp., aspecto que es imposible ya que las posturas son realizadas en el suelo y no en los pastos.

La única verdad es que *R. schistocercoides* pertenece a la entomofauna típica de las sabanas con características climáticas, geológicas y botánicas similares. Por tal razón, la langosta llanera está presente también en las sabanas de Apure en Venezuela y en el Mato Grosso del Brasil.

1.3. PROBLEMA ACTUAL DE LA LANGOSTA LLANERA

Durante los años de 1994 y 1995 se registró en los Llanos Orientales de Colombia una situación alarmante de incremento de un tipo de langosta que fue identificada como *R. schistocercoides*. Este insecto invadió principalmente El Meta, El Vichada, El Casanare y

Arauca, llegando hasta el Piedemonte de estos departamentos, causó daños considerables a los pastos nativos, en las praderas de pastos mejorados dedicados a la ganadería y en algunos cultivos de importancia económica, especialmente el arroz.

Aunque, en la actualidad, *R. schistocercoides* se encuentra replegada principalmente en las sabanas disectadas localizadas entre el río Meta y el río Vichada, y en algunos sectores de la serranía del departamento de El Meta y no ocasiona daños económicos, es importante ejercer una vigilancia permanente sobre su comportamiento, ya que estas áreas son las más apropiadas, desde el punto de vista ecológico, para su establecimiento y se convierten en los puntos de agregación y de posible explosión poblacional futura de la langosta llanera.



Enjambre de adultos de *R. schistocercoides*
en la Altillanura Colombiana

ESTUDIOS BIOLOGICOS

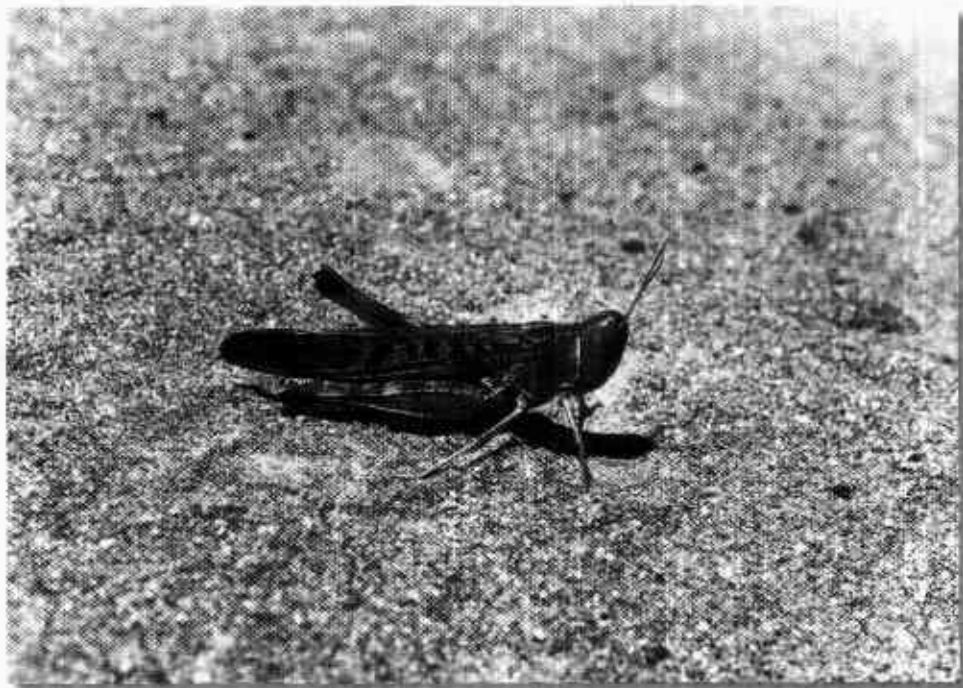
2



Cópula de adultos de la langosta llanera

- 2.1. Biología de *Rhammatocerus schistocercoides*
- 2.2. Hábitat y preferencias alimenticias
- 2.3. Comportamiento
- 2.4. Controladores naturales

Biotipo D: Estos individuos son de color rojo, presentan el mismo cambio cromático a verde en su madurez sexual, y corresponden al 3% de la población. Su presencia, en enjambres de *R. schistocercoides* no se había reportado antes (Ebratt *et al* 1998).



Estado adulto de *R. schistocercoides*

2.1.2. Relación de sexos

R. schistocercoides presenta un claro dimorfismo sexual, en el cual la hembra posee mayor tamaño que el macho y su terminación abdominal es diferente. El macho presenta un complejo fálico, en forma de concha, muy característico de los acrididos y la hembra tiene el último segmento abdominal dividido. A partir de la evaluación de 2065 individuos adultos gregarios, se encontró una relación macho : hembra de 0.81 : 1.19 (Gutiérrez y Barreto 1999).

2.1.3. Ciclo biológico

La duración del ciclo biológico de la langosta llanera en condiciones naturales de Puerto Gaitán- Meta, es aproximadamente de 12 meses, de los cuales comprende un mes para el estado de huevo o incubación, cinco meses para los nueve estadios ninfales y un estado adulto volador de seis meses de duración (Gutiérrez y Barreto 1999). (Tabla 1).

2. ESTUDIOS BIOLÓGICOS¹

2.1. BIOLOGÍA DE LA LANGOSTA LLANERA

2.1.1. Morfología e identificación

La langosta llanera presenta, en general, una coloración corporal marrón claro o parda, que, paulatinamente, se torna verde claro cuando alcanza la madurez sexual. La cara inferior e interna de los fémures posteriores es azul oscuro con presencia de tres manchas negras y la cara superior es de color amarillo naranja. Las tibias posteriores presentan una coloración naranja con el tercio apical azul oscuro. Las espinas de las tibias posteriores poseen, en su ápice, una base azul clara y negra.

La longitud del cuerpo de las langostas es de 5,3 cm para las hembras y de 4,6 cm para los machos, en promedio (Gutiérrez y Barreto 1999).

Aunque la descripción de *R. schistocercoides* en los reportes hechos en el Brasil (Launois-Luong y Lecoq 1996) obedece a la mencionada anteriormente y llamada Biotipo A, en los Llanos Orientales de Colombia se han observado otros tres fenotipos denominados como Biotipo B, Biotipo C y Biotipo D.

Biotipo A: Los individuos presentan una coloración marrón claro o parda y comprenden el 74.9% de la población. Este tipo también fue reportado por Launois-Luong y Lecoq (1996) en Brasil.

Biotipo B: Las langostas de este fenotipo poseen manchas de color negro en los bordes laterales anteriores del pronoto y en la región posocular e infraocular. Su coloración marfil, en el área frontal de la cabeza, cambia a verde en la época de maduración sexual. Estos individuos corresponden al 8.6% de la población.

Biotipo C: Poseen una coloración verde esmeralda durante todo el desarrollo ninfal y adulto; no presentan la coloración azul de la cara interna del fémur posterior. En algunos casos, presenta coloración azul pero de un tono más claro. Este fenotipo corresponde al 8.6% de la población.

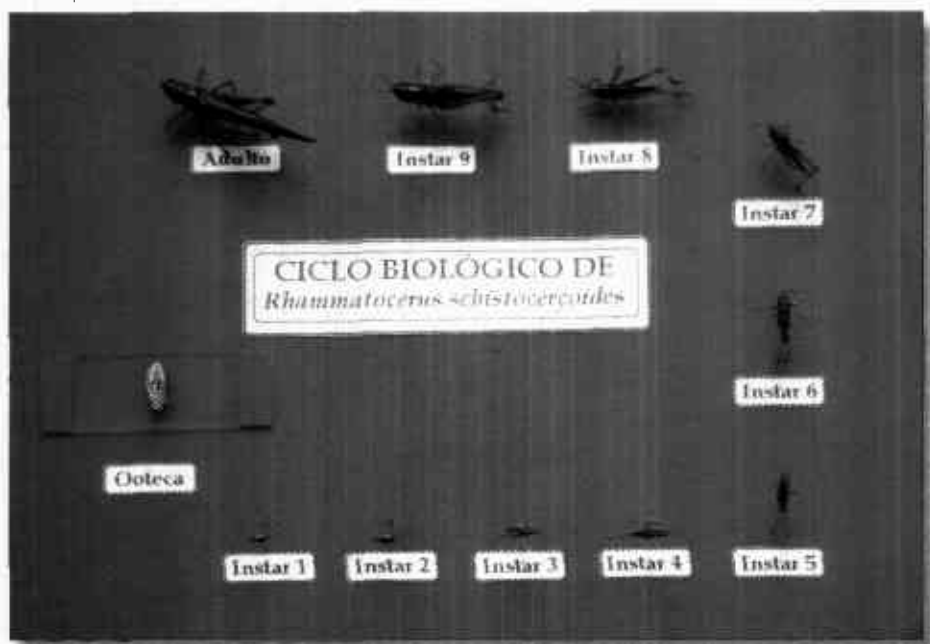
¹ Everth E. Ebratt, I.A.; Carlos Espinel, BSc; Juan Carlos Gutiérrez, I.A.; Nancy Barreto M.Sc.; Alba Marina Cotes, Ph.D.; Guillermo León I.A.

Tabla 1. Ciclo biológico de *Rhammatocerus schistocercoides* en condiciones naturales.

Estado	Duración (Días)±
Huevo	25-30
N1	6-7
N2	10-11
N3	13-14
N4	14-15
N5	15-16
N6	25-26
N7	23
N8	16
N9	12
AI	154
AM	50
AP	10

N1 a N9: Estadios ninfales; AI: Adultos inmaduros; AM: Adultos maduros sexualmente; AP: Adultos en período de postura.

* Datos promedios.



Ciclo biológico de la langosta llanera

Al final de la estación seca (marzo - abril) se inicia la oviposición de las langostas, para lo cual las hembras hacen perforaciones en suelo, preferiblemente arenoso, a una profundidad promedio de 3 cm en donde depositan las ootecas. El promedio de huevos por posturas es de 29 por hembra y presentan una viabilidad del 93% (Gutiérrez y Barreto 1999).

En la época de oviposición, los enjambres empiezan a ser poco móviles y sólo presentan vuelos en forma circular y sin abandonar las áreas definidas para ello, en las horas más calientes del día. Las hembras se agrupan e inician la oviposición en las horas de la mañana; se observa un gran número de orificios por área, en donde se encuentran las ootecas, las cuales son protegidas en la parte superior por un tapón espumoso y cubiertas con arena por medio de las patas posteriores del insecto (Gutiérrez y Barreto 1999).

A los 25 ó 30 días de puestos los huevos, ocurre la emergencia del primer instar con las primeras lluvias de abril. Las mudas de los diferentes instares ninfales se llevan a cabo de manera sincronizada durante toda la estación lluviosa. El instar ninfal se determina por el número de estrías oculares presentes y el número de segmentos de los antenómeros. El primer instar ninfal de *R. schistocercoides* no presenta estrías oculares, el segundo presenta una y así, progresivamente, hasta el noveno instar que presenta ocho estrías oculares (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de identificación de estadios ninfales de *Rhammatocerus schistocercoides*.

Estadio Ninfal	Número de Estrías Oculares	Número de Segmentos en Antenómeros
N1	AUSENTES	12
N2	1	15
N3	2	17
N4	3	19
N5	4	20
N6	5	22
N7	6	25
N8	7	26
N9	8	27

La emergencia de los adultos se observa en el mes de septiembre, cuando comienza a disminuir la estación lluviosa. El estado adulto presenta dos etapas: la diapausa imaginal,



Séptimo estadio ninfal de la langosta llanera

período en el cual el insecto presenta sus órganos sexuales inmaduros y la etapa de madurez sexual, definida por su coloración y disección abdominal. La etapa de madurez sexual está conformada por los períodos de cópula, oviposición y posoviposición. La cópula ocurre en los meses de febrero y marzo.

El estado adulto de *R. schistocercoides* presenta una duración de 189 días, en promedio, diapausa imaginal 154, madurez sexual 50, cópula 35, oviposición 10 y posoviposición y senectud 25 días. Durante este estado el insecto desarrolla cambios de coloración en la parte frontal y lateral de la cabeza, la parte lateral posterior del protorax y en las tegminas anteriores (alas). La decoloración se da, en forma progresiva, desde pardo hasta verde claro (Gutiérrez y Barreto 1999).

En general, los estados de desarrollo de este insecto muestran una sincronización estrecha con el régimen de precipitación unimodal presente en el área. En la época lluviosa (abril-septiembre) se presentan los estadios ninfales, mientras que en la época seca (octubre a marzo) la plaga se encuentra en estado adulto, el cual se ve afectado por la presencia de quemadas estacionales que ocurren de manera natural o inducida por el hombre en la sabana (Figura 1).

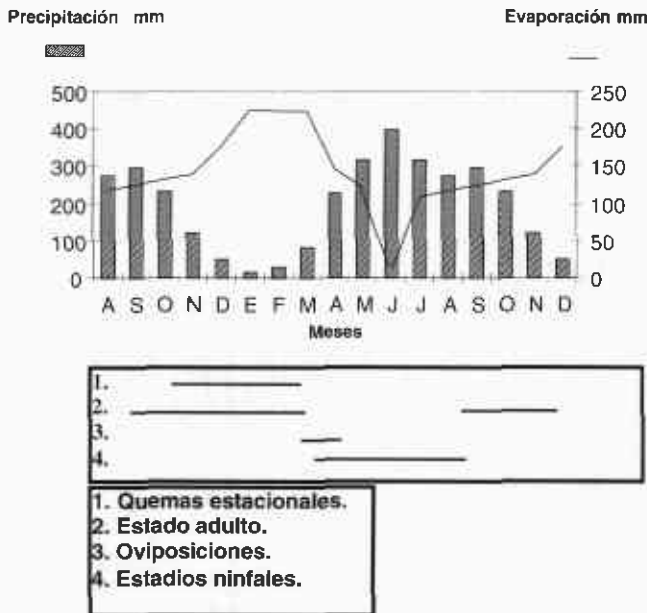


Figura 1. Estacionalidad y ciclo biológico de *R. schistocoides*.

2.1.4. Polimorfismo de fases

Uvarov en 1924, estudió el polimorfismo de fases presente en acrididos, y expuso su teoría general de fases. En esta, establece que existen insectos con la capacidad de pasar de una fase solitaria a una gregaria (viviendo en grupos) o viceversa, sin importar el estado de desarrollo en que se encuentre; y que según la fase en la cual esté el insecto presenta cambios morfométricos, de color y de comportamiento. Aquellos acrididos que se encuentren en estado gregario se consideran como langostas verdaderas.

Se realizó un estudio morfométrico tendiente a determinar si esta especie poseía polimorfismo de fases y, se podía denominar como una langosta verdadera, teniendo en cuenta la presencia de tres de los cuatro fenotipos de *R. schistocoides* caracterizados como individuos rojos de comportamiento gregario, individuos marrones de comportamiento gregario e individuos verdes de comportamiento solitario.

En la zona de Carimagua - Meta, durante la cuarta generación posterior a la invasión de *R. schistocoides* (mayo de 1988), se observaron estadios ninfales sedentarios de coloración verde con una densidad de 0.33 individuos/m², y una relación macho:hembra

1:15. Estos individuos presentaron una modificación cromática respecto a los individuos comunes, tales como coloración naranja en las tibias posteriores y azul claro en el tercio apical. La cara interna del fémur posterior no presentó la coloración azul característica de la especie.

Barrientos (1992) expresa que existen las modificaciones cromáticas y morfológicas en las especies polimórficas de Centroamérica desde su estado solitario hasta el gregario; con una coloración verde para las solitarias, amarillo claro para las transitorias y rosado con manchas negras para las gregarias.

Para comprobar esta característica de langostas, los individuos de *R. schistocercoides* con modificaciones cromáticas, considerados como solitarios, se confinaron aisladamente en jaulas con el fin de obtener adultos de este fenotipo. Una vez emergidos los adultos se les midió la longitud del élitro, la longitud del fémur posterior y la del pronoto, con el fin de obtener índices morfométricos para ser comparados con las mediciones de un grupo de langostas rojas y marrones con comportamiento gregario.

En general, se observaron diferencias morfológicas claras entre los individuos solitarios y gregarios evaluados. El índice élitro/fémur (E/F) fue menor en las hembras solitarias que en las gregarias, indicando que el fémur de las hembras solitarias es de mayor longitud con respecto a su élitro, en comparación con el de las hembras gregarias respecto de su propio élitro. Este aspecto está de acuerdo con el hecho de que el individuo gregario tiene el fémur mucho más corto y el élitro mucho más largo que el de los individuos solitarios; lo cual se puede deber al comportamiento típico de la langosta, caracterizado por vuelos prolongados y de gran longitud, en contraste, con el comportamiento de los saltamontes que presentan una conducta sedentaria.



Efecto de grupo en ninfas de la langosta llanera

En los individuos rojos gregarios el índice fémur/ cabeza (F/C) fue menor que el presentado por los individuos marrones gregarios y por los verdes solitarios. Este hecho, indicaría que existen diferencias morfológicas reales entre los individuos rojos y el resto de la población con coloración marrón y verde. En general, se distinguió un extremo polimórfico gregario representado por los individuos rojos, de acuerdo con el índice F/C y un extremo polimórfico solitario representado por los individuos verdes, de acuerdo con el índice E/F. También a partir de estos hallazgos se pudo plantear la existencia de un extremo intermedio representado por los individuos de color marrón (Figura 2).

En forma paralela, se determinó que en *R. schistocercoides* existe el efecto de grupo; llamado así por Chauvin (1967), el cual se caracteriza por la reacción fisiológica y de comportamiento que se observa en los animales cuando están en proximidad de sus congéneres. Este efecto se nota a partir de dos individuos agrupados en un espacio muy restringido y culmina evidenciado por un fenómeno de fases, descubierto en las langostas por Uvarov en 1924.

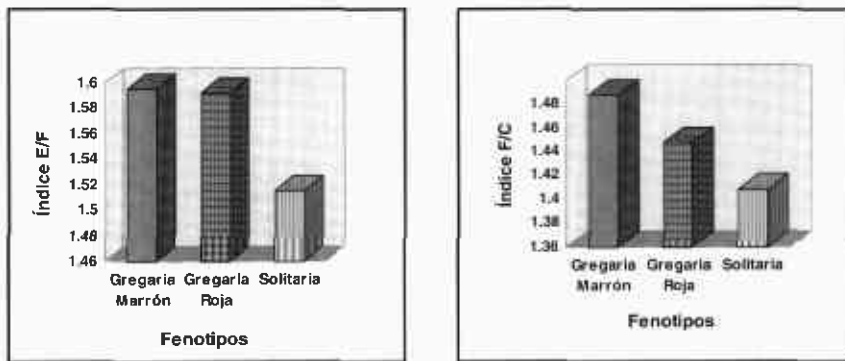


Figura 2. Comparación entre los índices élitro/fémur (E/F) y fémur/cabeza (F/C) de hembras de *R. schistocercoides*.

Al confinar individuos de *R. schistocercoides*, con características solitarias, en diferentes jaulas teniendo en cuenta que quedarán jaulas con uno, tres, cuatro y 10 individuos, a medida que los cambios de instares ocurrían, la coloración verde de los individuos solitarios cambió hasta llegar a la coloración naranja típica en las ninfas gregarias. Mientras aquellas que permanecieron aisladas individualmente, continuaron con la coloración verde a través de los cambios de instar.

Dicho cambio cromático comenzó a partir de la región inferior del dorso del cuerpo hasta abarcar toda su área. La cara interna de los fémures posteriores presentó un cambio de color verde esmeralda al azul oscuro característico. Aparte de las diferencias

en la morfometría y en los índices E/F y F/C, se hicieron evidentes los cambios cromáticos y un efecto de grupo en *R. schistocercoides*. Todos estos factores se consideran como criterios para definir la presencia de un polimorfismo de fases en este insecto.

La existencia de un polimorfismo de fases en *R. schistocercoides*, indica que este insecto se puede catalogar como una verdadera langosta, en cuanto a las características de comportamiento, explosión poblacional periódica y daños propios de este fenómeno.

2.1.5. Quiescencia

La suspensión temporal del desarrollo embrionario debido a las condiciones ambientales desfavorables se conoce como quiescencia o dormancia y se presenta en diferentes especies de langostas como *Schistocerca gregaria* y *Anacridium aegyptum*. Algunos estudios relacionados con estas especies han demostrado que el factor más importante en el desarrollo del estado de huevo es la cantidad exacta de agua que entra en contacto con el embrión.

La langosta llanera está dentro de los acrididos que poseen quiescencia. Para comprobarlo se realizó un ensayo en el cual las ootecas no emergidas (dos meses después de la emergencia natural de ninfas) fueron humedecidas con un mililitro de agua y se compararon con ootecas no humedecidas. Al cabo de 30 días hubo emergencia en el 100% de las ootecas humedecidas mientras que en la muestra testigo no presentó emergencia alguna. El mismo proceso se repitió a los 120 días resultando de nuevo emergencia en el 100% de las ootecas tratadas con agua. Cabe resaltar que el estado de desarrollo natural de la plaga, en ese momento, se encontraba en sexto o séptimo instar ninfal.

Estos resultados indicarían que al existir quiescencia en las posturas de la langosta llanera, los huevos podrían permanecer latentes en el suelo cuando las condiciones de humedad son deficientes y durante períodos largos de tiempo, lo cual podría indicar una respuesta adaptativa a las condiciones climáticas adversas de extrema sequía y por ende de escasez respecto de la calidad y cantidad de alimento.

2.2. HÁBITAT Y PREFERENCIAS ALIMENTICIAS

El área afectada por la plaga desde 1994, comprende entre las isohelias 2600 en el extremo norte, nororiental del Vichada y Arauca, hasta la isohelia 1400 al occidente, en el piedemonte llanero, en Villavicencio, y la isohelia 2000 en la sierra de la Macarena al suroccidente en su curva altitudinal de los 500 metros. Los niveles de precipitación registrados fueron de 1905 mm anuales en el sitio donde desemboca el río Tomo en el

río Orinoco (extremo oriental de El Vichada), de 4096 mm anuales en el piedemonte y de 2500 mm anuales en la sierra de la Macarena, respectivamente.

En 1996, se observó que el insecto había desaparecido del piedemonte, de la altillanura y de la Sierra de la Macarena, aunque mantuvo sus poblaciones en el departamento de El Vichada a lo largo de los ríos Meta, Tomo y Vichada.

Las condiciones mencionadas pueden demarcar un área en el extremo oriente y nororiente de El Vichada, con factores abióticos que podrían ser óptimos para la ocurrencia de explosiones poblacionales de *R. schistocercoides*, tales como una temperatura promedio de 30° C., una radiación solar alta, precipitaciones en el orden de 1700 mm, una humedad relativa baja y suelos del orden entisol, desde el departamento de El Vichada hasta el estado de Apure en Venezuela. Esto último, corroborado por Guagliumi (1958), el cual determinó áreas de explosión poblacional de la langosta al sur de San Fernando de Apure y en Puerto Ayacucho, al oriente de El Vichada. También se podrían encontrar factores bióticos óptimos como la presencia de una mayor diversidad de especies vegetales en comparación con la altillanura plana (Serna-Izasa *et al* 1996) dentro de las cuales se encuentran las preferidas por el insecto.

La altillanura del departamento de El Meta y de El Vichada está determinada como área de invasión (Lecoq y Assis-Pujol 1998) pues no reúne las condiciones ecológicas apropiadas para la etapa de oviposición de las langostas. Presenta condiciones adversas como textura del suelo arcilloso (orden oxisoles), humedad relativa alta y un régimen de precipitación alto (2.000 mm); esta última está correlacionada con un brillo solar menor, el cual es un requisito en la etapa de insolación fisiológica de los instares ninfales (Uvarov 1966). Las condiciones adversas se incrementan a medida que se aproximan al piedemonte llanero, convirtiéndolos en hábitat marginal. Este acontecimiento se conoce como estenoicidad regional (Krebs 1985).

En las sabanas estacionales como los Llanos Orientales de Colombia, el régimen anual de lluvias comprende una estación seca hasta de seis meses consecutivos. En esta época, la mayoría de gramíneas presentan un alto grado de lignificación, se genera estrés hídrico, alta producción de biomasa y pérdida en el contenido de proteína. En el año se presentan quemadas periódicas que han incidido sobre la evolución de las sabanas. Éstas, funcionan como un elemento de presión selectiva, pues ejerce un control del remanente herbáceo lignificado y provee a la sabana de material vegetal de rebrote que tiene contenido proteínico por encima del 8%, además, generan cenizas que se constituyen en suplemento mineral para los animales que allí habitan (Rippstein 1994).

El insecto frecuente, según su fisionomía, las sabanas herbáceas (campos limpios), las sabanas arbustivas (campo sujo), arbóreas (campo cerrado) y boscosas (cerrado), a excepción de los bosques de galería. Según las condiciones edáficas, los primeros instares ninfales eclosionan y se localizan durante la estación seca en las sabanas inundables o "bajos", en donde encuentran praderas nativas tales como *Mesosetum* spp., *Andropogon* spp. y *Axonopus* spp., también en sabanas menos inundables en donde se encuentran especies tales como *Trachypogon* spp., *Leptocoryphium lanatum* y *Paspalum* spp. (esteros y bajos) y en las sabanas herbáceas que incluyen, principalmente, especies como *Trachypogon vestitus* y *Trachypogon plumosus*.

El estrato herbáceo de la sabana arbórea, está constituido por *Trachypogon* spp., el cual se convirtió en hábitat de nomadismo entre el III y IX instar ninfal. En las sabanas inundables, se encuentran praderas nativas tales como *Mesosetum* spp., *Andropogon* spp. y *Axonopus* spp., hábitat de reproducción y oviposición de *R. schistocercoides* durante el período seco. Las sabanas menos inundables de las especies *Trachypogon* spp., *Leptocoryphium* spp. y *Paspalum* spp. (esteros y bajos) y las sabanas herbáceas en donde se encuentran especies tales como *T. vestitus* y *T. plumosus*, se convierten en hábitat de nomadismo tanto de ninfas como de adultos que no alcanzan la madurez sexual.

R. schistocercoides muestra un mayor porcentaje de consumo sobre *Mesosetum pitieri* (100%), *Axonopus purpussi* (90%), *Paspalum pectinatum* (80%), *Paspalum palviflorum* (80%), *Trachypogon vestitus* (80%), *Lectocoryphium lanatum* (70%), *Schyzachyrium hirtiflorum* (70%) y *Andropogon leucostachyus* (60%) entre otros. Las especies más atacadas por el insecto mantuvieron niveles altos en proteína durante la mayor parte de su período vegetativo.



Daño ocasionado en el pasto *Paspalum pectinatum* por la langosta llanera. Pasto atacado por la plaga (izquierda); pasto no atacado (derecha).

2.3. COMPORTAMIENTO

Rhammatocerus schistocercoides, en sus diferentes estados de desarrollo, presenta un comportamiento estrechamente sincronizado con la fenología característica de los ecosistemas de sabana estacional, en lo que respecta a la disponibilidad de agua, de alimento y a sus varias interacciones.

2.3.1. Estado adulto

En el estado adulto del insecto, se realizó un seguimiento periódico a los enjambres, que permitió observar el comportamiento nómada sobre la sabana nativa madura lignificada en la altillanura plana y de transición. Este comportamiento se observó en sabanas que tenían más de seis meses posquema (sabana vieja en época de precipitaciones).

Después, los individuos adultos migran hacia áreas recién quemadas de la altillanura disectada, sobre las cuales se posan y consumen el rebrote de vegetales, sin ningún tipo de selectividad sobre las especies de poaceas, debido, posiblemente, a los niveles altos de fósforo y proteína presentes en la sabana nativa, en las dos semanas de rebrote posquema (Rippstein 1994; Alvarez y Lascano 1987). La langosta muestra un consumo selectivo del alimento a medida que se lignifica y madura la sabana nativa y hace evidente la competencia alimenticia absoluta que ejerce *R. schistocercoides* sobre el ganado vacuno y caballar, en detrimento de la producción ganadera de esta región.

En estos sitios, en donde la disponibilidad nutricional es excelente y abundante, las langostas se hacen sedentarias, maduran sexualmente, copulan y ovipositan cuando la textura superficial del suelo y la fuente alimenticia son óptimas. Las observaciones se realizaron mediante el seguimiento cada dos días en las áreas donde se encontraban los enjambres marcados con banderines. Estas permitieron establecer la siguiente clasificación de los adultos que fue hecha de acuerdo con el tipo de comportamiento presentado:

- **Adulto joven nómada.** En esta etapa el 100% de la población insectil presenta en el área frontal de la cabeza una coloración marfil. Los individuos recorren grandes distancias diariamente (500 a 1.000 metros), medidas con cinta métrica, tomando como punto inicial el banderín puesto 48 horas antes. Este desplazamiento parte desde la altillanura plana, ubicada en suelos arcillo-limosos y sabana nativa vieja lignificada, y se dirige hacia áreas con sabanas nativas posquemadas y textura de suelo arenosa.

- **Adulto joven sedentario.** En estos individuos el área frontal de la cabeza es de color verde en un 15% de la población, mientras el resto de ella es de color marfil. Los enjambres se sitúan sobre sabana nativa posquema y suelo arenoso, realizando recorridos diarios, en forma circular (50 a 200 metros), desplazándose de un área a otra de acuerdo con la etapa de rebrote posquema de la sabana. En estas áreas las langostas maduran sexualmente. En esta etapa los insectos presentan un fuerte canibalismo expresado por las mutilaciones que se producían entre los individuos a nivel de élitros (tegminas), que le impide el vuelo a los insectos afectados y la hace presa fácil de los depredadores.
- **Adulto maduro sexualmente.** Se caracterizan porque el 100% de los individuos de la población presentan una coloración verde esmeralda en el área frontal de la cabeza. Estos se vuelven sedentarios en áreas con rebrote posquema, copulan durante los meses de enero y febrero, en plena época seca. La ocurrencia de quemas sincronizadas cada seis meses, podría ser un factor abiótico que afecta la calidad alimenticia de las diferentes especies de sabana nativa. Lo más probable es que esto, influiría en la selectividad que presenta *R. schistocercoides* frente a las especies tiernas de rebrote. Las oviposiciones se presentan en masa sobre suelo arenoso en áreas arbóreas y arbustivas en donde se encuentran el chaparro (*Curatella americana*) y la Cyperaceae "pelo de india" (*Bulbostylis paradoxa*), especies vegetales bioindicadoras de suelos arenosos.

En todas las etapas anteriores, del estado adulto, se determina que la actividad de vuelo en *R. schistocercoides* se inicia con el calentamiento gradual de la superficie del suelo (70°C en horas soleadas), observándose que los enjambres se dispersan en las horas de la tarde (disminución de la densidad poblacional), se concentran con el atardecer (aumento de la densidad poblacional) y permanecen agrupados hasta el anochecer.

2.3.2. Instares ninfales

En los instares ninfales I, II y III, los individuos se desarrollan en sitios cercanos a su eclosión (áreas de eclosión y emergencia masiva), caracterizados por estar muy próximos a los cursos de los ríos que configuran la geomorfología de las planicies y de las terrazas aluviales, con textura arenosa. Estos instares forman manchas o bandos pequeños muy densos que ocupan áreas de 5 a 10 m².

A partir del IV y hasta el VIII instar ninfal se presenta peregrinación nómada, en la cual los individuos ocupan un área de hasta 2.500 m², orientándose hacia áreas más altas del lugar de oviposición y dejando a su paso poaceas quemadas (secas), que empobrecen, aún más, la calidad alimenticia de la sabana nativa.

La dirección de la peregrinación nómada por parte de las langostas está influenciada por la luz del sol, la presencia de sabana nativa tierna de rebrote con áreas descubiertas, la presencia de parches con especies vegetales preferidas por el insecto y la atracción que sobre los grupos pequeños ejercen otros grupos de mayores dimensiones. La densidad poblacional de cada bando de insectos muestra una relación inversamente proporcional al tamaño y al peso de los individuos que lo conforman; es decir, a medida que los individuos aumentan su tamaño corporal, disminuye su densidad por metro cuadrado.

2.3.3. Pérdidas económicas

De acuerdo con los reportes sobre la gran variedad de especies vegetales que consume *R. schistocercoides*, se adelantó un estudio para cuantificar el consumo diario por parte del estado adulto en cultivos de importancia económica (Gutiérrez y Jiménez 1997).

El estudio se realizó en casa de malla, en el C.I. La Libertad de Corpoica (temperatura 26°C; humedad relativa 70%). De acuerdo con una evaluación preliminar se encontró que la caña de azúcar tuvo mayor aceptabilidad por parte del insecto plaga, por tal motivo se utilizaron hojas de este cultivo para estudiar y cuantificar el consumo. Se realizaron observaciones diarias cuantificando el consumo por sexos mediante un medidor de área foliar.

Consumo diario por parte de las hembras de *R. schistocercoides*

De acuerdo con los datos, de consumo diario, obtenidos se desarrolló la siguiente ecuación, que representa el modelo de regresión para pronosticar el consumo diario acumulado en hembras de la langosta llanera:

$$Y = 0.1203 + 0.5851 X$$

donde Y es el consumo diario en gramos, alcanzado por un insecto hembra; X es el número de días de consumo. Así, una hembra podría consumir en un día 0.7054 g. (27.39 cm²) de área foliar fresca. El mismo insecto podría consumir 11.82 g. (459.02 cm²) al cabo de 20 días.

Por otra parte, el 80% de las hembras consumen diariamente entre 8.64 cm² y 30.072 cm² de área foliar de caña de azúcar.

Consumo diario por parte de los machos de *R. schistocercoides*.

De acuerdo con los resultados obtenidos para el pronóstico de consumo diario acumulado en los machos de *R. schistocercoides*, se realizó la siguiente ecuación:

$$Y = -0.032 + 0.4182 X$$

Aplicando la ecuación de regresión se calculó que un individuo macho podría consumir 0.3862 g. (14.69 cm²) de área foliar fresca; y en 20 días, consumiría 8.23g. (316.85 cm²). Si se tienen en cuenta las frecuencias de consumo diario, el 75.7% de los individuos machos evaluados consumen entre 2.98 cm² y 19.75 cm² de área foliar de caña de azúcar.

Consumo en grupo e Individual

Aparentemente, no existen diferencias entre el consumo diario del alimento cuando las langostas se encuentran agrupadas o solitarias. No obstante, las hembras consumen niveles mayores respecto a los machos, tanto cuando están en grupo como cuando se encuentran solos (Tabla 3). Los datos anteriores muestran la voracidad del estado adulto de *R. schistocercoides*. Ataques de altas densidades poblacionales de esta especie en etapas tempranas o de establecimiento de cultivos preferenciales, podrían generar cuantiosas pérdidas económicas con facilidad.

Tabla 3. Comparación del consumo diario de hojas de caña de azúcar entre machos y hembras de *R. schistocercoides*, cuando se encuentran en grupo e individual.

Hembra				Macho			
Grupo		Individual		Grupo		Individual	
g	cm ²	g	cm ²	g	cm ²	g	cm ²
0.62	24.07	0.58	22.24	0.39	15.14	0.37	14.36
		diferencia				diferencia	
		1.81				0.78	

Cuantificación de pérdidas en producción causadas por el ataque del estadio ninfal de *R. schistocercoides*, en cultivos de arroz y maíz.

El trabajo se desarrolló en casa de malla en donde se utilizó un medidor de área foliar para determinar el consumo diario. La descripción del tipo de daño causado por el

estadio ninfal se hizo en plantas de maíz y arroz (Orjuela 1997). Los resultados muestran que las hembras consumen un mayor porcentaje de follaje que los machos, representado por un 24% de consumo sobre el maíz y un 21% sobre el arroz, existiendo mayor predilección por el consumo de maíz pero con diferente tipo de daño.

El consumo diario de maíz en las hembras es de 0.25g, en promedio, equivalente a 24.53 cm² de área foliar. Si se considera que una planta de maíz de 15 días después de emergencia (dde) tiene 157 cm² de área foliar, en promedio, ésta sería consumida por seis u ocho langostas. En el caso del arroz una plántula de 12 dde, tiene un promedio de 17.6 cm², por lo tanto, puede ser consumida en un solo día por un insecto hembra de *R. schistocercoides*.

El daño observado, en el cultivo de maíz, es de tipo defoliador, ya que causa lesiones de forma irregular en cualquier parte de la lámina foliar, sin embargo, la intensidad del daño es mayor en la parte inferior de la planta (hojas 4, 5 y 6) con un rango de daño entre 41% y 80%; mientras que en la parte superior la intensidad del daño oscila entre el 1% y el 40%. El insecto presenta mayor preferencia por la parte apical de la hoja de maíz.

2.4. CONTROLADORES NATURALES DE *R. schistocercoides*.

Los Llanos Orientales de Colombia ofrecen una gran diversidad de hábitat y nichos ecológicos, los cuales están sometidos a factores de presión selectiva y, por lo tanto, constituyen un escenario activo de diversificación biológica (Serna - Isaza *et al* 1991; Rippstein 1994). De esta forma, las poblaciones de la langosta, durante su desarrollo, se enfrentan a diferentes enemigos naturales de acuerdo con el agroecosistema donde se desarrollen.

2.4.1. Descripción general

R. schistocercoides posee una serie de controladores naturales presentes en la altillanura colombiana durante todos sus estados de desarrollo y aunque no se ha medido la efectividad controladora, éstos, se han visto ejerciendo algún tipo de control sobre poblaciones de ninfas o adultos de la langosta (Cuadro 1). En el capítulo de dinámica poblacional, Gutiérrez y Barreto (1999) hacen una descripción más detallada sobre el comportamiento de las aves como controladores naturales de la langosta llanera.

Cuadro 1. Controladores naturales de *R. schistocercoides* observados en la región.

Orden	Familia	Especie (S)	Nombre Común
Nematoda	Mermittidae	Por identificar	
Hemiptera	Reduviidae	Por identificar	Chinche
Diptera	Asilidae	Por identificar	Mosca raplora
Hymenoptera	Formicidae	<i>Ectatomina ruidum</i>	
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polybia pos. sericea</i> Oli.	
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polybia pos. lilíacea</i> E	
Hymenoptera	Sphecidae	<i>Prionyx thomae</i> Fab.	
Sauria	Teiidae	<i>Ameiva festiva festiva</i>	Lobito
Sauria	Teiidae	<i>Ameiva ameiva ameiva</i>	Lobito
Passeriformes	Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Chirlocirilo
Passeriformes	Icteridae**	<i>Psarocolius decumanus</i>	Arrendajo
Passeriformes	Icteridae*	<i>Leistes militaris</i>	Liberalito
Passeriformes	Tyrannidae*	<i>Tyrannus savana</i>	Tijereto
Cuculiformes	Cuculidae*	<i>Crotophaga ani</i>	Tirigüelo
Passeriformes	Mimidae*	<i>Mimus gilvus</i>	Mirla
Passeriformes	Motacillidae**	<i>Anthus lutescens</i>	Carnusel
Ciconiiformes	Ardeidae*	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza chumbita
Ciconiiformes	Ardeidae**	<i>Egretta thula</i>	Garza
Ciconiiformes	Ardeidae*	<i>Casmerodius albus</i>	Garza real
Charadriiformes	Scolopacidae*	<i>Bartramia longicaudata</i>	Llama la plaga
Falconiforme	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Halcón
Falconiforme	Falconidae	<i>Polyborus plancus</i>	Carraco
Falconiforme	Accipitridae**	<i>Buteo nidus</i>	Aguila Llanera
Falconiforme	Accipitridae*	<i>Leucopternis albicollis</i>	Aguila medio luto
Falconiforme	Accipitridae**	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán
Galliformes	Phasianidae**	<i>Cotinus cristatus</i>	Perdiz
Charadriiformes	Burhinidae**	<i>Burhinus bistratus</i>	Alcaraván
Charadriiformes	Charadriidae*	<i>Vanellus chilensis</i>	Caica
Strigiformes	Strigidae*	<i>Speotyto cunicularia</i>	Murruco
Ciconiiformes	Threskiornithidae**	<i>Theristicus caudatus</i>	Tautaco
Passeriformes	Troglodytidae*	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucaracherito
Marsupialia	Didelphidae	<i>Charricetes minimus</i>	Fara
Carnivora	Canidae	<i>Cercopithecus thous</i>	Zorro
Carnivora	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Perro de monte
Moniliales	Stilbellaceae	<i>Metarhizium anisopliae</i>	

(*) Cepeda (1998).

(**) Gutiérrez y Barreto (1999).

2.4.2. Observaciones sobre el comportamiento de *Ectatomma ruidum* y *Prionyx thomae*, controladoras naturales de *R. schistocercoides*.

***Ectatomma ruidum*:** (Hymenoptera: Apócrita: Formicidae: Ponerinae: Ectatommini) es una hormiga depredadora de diferentes órdenes de insectos, dentro de los cuales sobresale el Lepidoptera, Homoptera, Coleoptera y Orthoptera (Lachaud 1990). Está distribuida por varias áreas geográficas de Colombia, incluido los Llanos Orientales y es depredadora de los estados ninfales iniciales de *R. schistocercoides*.

Debido a que *E. ruidum* se constituye como un controlador natural de la langosta llanera, y teniendo en cuenta que había un desconocimiento general sobre su biología y eficiencia controladora, se realizaron observaciones del comportamiento de *E. ruidum* en campo (Ebratt *et al* 1998). El estudio se llevó a cabo en las áreas aledañas al C.I. Carimagua ubicado en la altillanura plana del departamento de El Meta, a una altura de 150 metros, a finales del mes de abril, es decir, al comienzo de la época lluviosa.

Con el fin de evaluar la actividad diaria y la frecuencia de captura de la langosta llanera por parte de *E. ruidum* se utilizó la metodología sugerida por Lachaud (1990) con algunas modificaciones hechas por Ebratt *et al* (1998). En ésta, se tomaron al azar dos nidos A y B pertenecientes a *E. ruidum*, separados entre ellos por una distancia de 100 metros aproximadamente. Se tuvo en cuenta que el nido A se localizara dentro de un bando de langostas y que fuera un punto de paso de estos bandos; mientras que el nido B se localizó en un lugar con ausencia de langostas.

Para cada uno de estos nidos (A y B) se registraron los viajes hechos por las hormigas, distinguiendo el número de entradas y salidas al hormiguero, y las entradas de hormigas con langostas capturadas. A su vez, se registró, a diario, la temperatura ambiente y la humedad relativa. Con el fin de determinar el área de acción de las forrajeras, se marcaron algunos individuos para realizar el seguimiento de su viaje.

Todos los datos anteriores se registraron en períodos de observación de 10 minutos durante doce horas diarias. Las observaciones fueron realizadas por cuatro días consecutivos. Luego, se determinó la relación existente entre la actividad diaria de los dos nidos observados.

Dentro de los principales resultados se destacó que el período de actividad diaria de *E. ruidum* se dividió en dos picos, el primero presentado en horas de la mañana y el segundo en las horas de la tarde. La actividad de *E. ruidum* no estuvo determinada por la presencia de las presas sino por factores tales como la temperatura

CONTROLADORES NATURALES DE *R. schistocercoides*
observados en la región de Carimagua – Meta.



1. *Nemátodo* parásito *Mermittidae*
2. *Chinche* depredador *Reduviidae*
3. *Hormiga* depredadora *Ectatomma ruidum*
4. *Avispa* depredadora *Polybia sericea*
5. *Avispa* parasitoide *Sphexidae*

ambiental. Esta actividad se presentó cuando la temperatura ambiente estuvo entre los 25° C y los 36° C.

E. ruidum es un depredador oportunista, es decir, requiere que la presa esté cercana de su nido para realizar la captura. La frecuencia de captura de langostas por parte de *E. ruidum* fue de 7 ninfas/hora para el nido A (con presencia de langostas) y de 0.5 ninfas/hora para el nido B (con ausencia de langostas). El área de acción de las hormigas forrajeras marcadas fue hasta de cinco metros de radio.

Si se tiene en cuenta la frecuencia anterior de la captura de la langosta llanera por parte de *E. ruidum*, se podría decir que ésta, tiene una capacidad de controlar el 9.2% de la población en 102 días, que es aproximadamente el tiempo de duración del primer al sexto instar ninfal. Este porcentaje de control se podría calificar como bajo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que *E. ruidum* es sólo una de las muchas especies animales que ejercen un control sobre la langosta.

Dentro de otros aspectos biológicos en condiciones de la altillanura *E. ruidum* construye nidos, principalmente, en las bases de las plantas de sabana nativa como *Andropogum* spp., *Paspalum* spp y *Axonopus purpussi*. Los nidos pueden presentar tres cámaras, la primera se presenta a 10 cm de profundidad, la segunda a 40 cm y la última hasta 130 cm; en todas las cámaras se almacena el alimento y los estadios inmaduros del insecto. Cada hormiguero puede tener entre 50 y 200 hormigas.

En los hormigueros se diferencian tres tipos de individuos: las obreras de tamaño mediano (7 mm de longitud), la reina que es grande y robusta y los machos son pequeños y de aspecto vespoide con antenas filiformes. En el área del centro de investigación Carimagua se encontró una densidad de 2500 nidos por hectárea, distribuidos en forma agregada.

Prionyx thomae (Hymenoptera:Sphecidae) es una avispa parasitoide de instares ninfales finales (VII a IX) y adultos de *R. schistocercoides*. Esta avispa vive de forma solitaria y construye fosas en el suelo en donde introduce y parasita a una langosta adhiriéndole una larva en su coxa posterior. Esta avispa se encuentra distribuida en los suelos arenosos de los departamentos de El Meta y de El Vichada; en estas áreas ocurre la agregación y explosión poblacional de la langosta llanera.

Mediante observaciones en campo y en condiciones de casa de malla se realizó un estudio, de este insecto con el fin de determinar el comportamiento de captura y parasitación de la langosta llanera y el ciclo de vida de la avispa (Espinel et al Cotes 1999).

Para realizar estas observaciones se capturaron avispas hembras en campo y se confinaron en jaulas de madera con piso de arena. En cada una de éstas se introdujeron, diariamente, cinco langostas adultas y se realizaron observaciones llevando un registro del comportamiento de la avispa. A su vez, se extrajeron de las jaulas langostas recién parasitadas con el fin de hacer el seguimiento del ciclo de vida de la avispa en laboratorio.

En las observaciones realizadas se pudo encontrar un patrón de comportamiento sin modificaciones dividido en cuatro pasos:

1. **Búsqueda de la presa:** En el cual la avispa hembra busca a la langosta recorriendo el terreno en forma aleatoria moviendo las antenas.

2. **Ataque y captura:** En este paso la avispa percibe una langosta, recorre el sitio rodeándola hasta que encuentra el momento preciso para atacarla mediante un salto corto y rápido. La avispa aferra a la langosta por la base de los élitros por medio de sus mandíbulas. Mientras que con el abdomen busca un sitio para clavarle el aguijón a la avispa en las coxas o en el espacio entre el pronoto y la cabeza. El veneno paralizante dura cinco segundos en ejercer su acción. La langosta permanece paralizada durante todo el estado de desarrollo de la avispa, por lo cual *P. thomae* se clasifica como parasitoide idiobionte.

3. **Alimentación:** *Pthomae* se posa sobre la langosta e introduce su aparato bucal en la membrana que existe entre el pronoto y la cabeza de la langosta, para succionar la hemolinfa del insecto. Este comportamiento indicaría que la avispa necesita de la proteína para poder producir huevos durante su estado adulto.

Posteriormente, la avispa se posa sobre la langosta, con las mandíbulas la aferra de la base de las antenas y con las patas delanteras se aferra en las partes laterales del pronoto. La avispa se impulsa con las patas medias y traseras. Si la langosta es muy pesada, *P. thomae* se ayuda aleteando lo suficiente para levantarla un poco e impulsarse con las patas.

4. **Construcción del orificio ó fosa y parasitación:** La avispa deja a la langosta a un metro de distancia del sitio donde va a construir la fosa. Una vez encuentra el sitio indicado, ablanda la arena con las mandíbulas y la barre con sus patas delanteras pasándola por debajo de su cuerpo. La avispa abre una fosa de dos centímetros de diámetro y de cuatro a cinco de profundidad, construida diagonal al suelo. Mientras realiza la excavación, no deja que ningún insecto se acerque, incluyendo a los de su misma especie.

Posteriormente, la avispa transporta a la langosta al borde de la fosa, se introduce y aferrándola por las antenas la lleva al interior. Allí, la avispa adhiere una larva a la langosta en la región metatorácica, en el margen superior de la coxa izquierda o derecha de los fémures posteriores. La duración de este proceso es de 20 a 30 segundos, en promedio.

Una vez parasitada la langosta, la avispa sale y cubre la fosa con la misma arena dejándola completamente oculta al barrer la superficie y al colocar pequeñas piedras y pajas. La larva se desarrolla en el interior alimentándose de la langosta viva pero paralizada. El estado larval de la avispa dura seis días, en los cuales la langosta es consumida, por completo, quedando sólo su exoesqueleto. Al séptimo día se forma la pupa, que tiene una duración de cuarenta días; al cabo de este tiempo, sale el nuevo adulto. En condiciones de cautiverio, el adulto duró de 25 a 30 días (en condiciones naturales puede durar mucho más). La frecuencia de captura en cautiverio fue de tres langostas diarias por avispa.

P. thomae tiene un claro dimorfismo sexual, en el cual la hembra mide de 3 a 3.5 centímetros de longitud, en promedio, y el primer segmento de las antenas es de forma cilíndrica, mientras que el macho mide de 2 a 2.5 centímetros y el primer segmento de las antenas es aplanado.

DINAMICA POBLACIONAL

3



Rancho de las niñas de N. Schistocerca

- 3.1. Muestra poblacional
- 3.2. Desplazamientos

3. DINÁMICA POBLACIONAL¹

Con el objeto de conocer el comportamiento de las poblaciones de *R. schistocercoides* en su habitat natural y los factores, bióticos y abióticos, del agroecosistema, que inciden sobre el insecto, se hizo el seguimiento a dos generaciones de la langosta en estado ninfal y adulto durante los períodos comprendidos entre octubre de 1996 y septiembre de 1998.

Vale la pena destacar que estos estudios sobre la dinámica poblacional de la langosta llanera son pioneros, en su género, en el país, los cuales permitieron conocer la información básica sobre las poblaciones de *R. schistocercoides*, y se deben tener en cuenta para la formulación y aplicación de cualquier práctica de manejo sostenible.

3.1. Muestra Poblacional

Para establecer un criterio confiable sobre el número de muestras de individuos que se van a tomar, se realizó un ensayo de campo para establecer las técnicas de monitoreo. En diferentes bandos de la población del insecto se recolectaron muestras con 10, 20, 30, 40 y 50 insectos con cuatro repeticiones. En cada muestra se evaluó la proporción de sexos y el instar ninfal de los individuos. Los análisis estadísticos permitieron concluir que se recomienda un tamaño de 30 a 50 insectos por muestra.

Niveles Poblacionales

En el Cuadro 2, se resume el comportamiento de la plaga en los últimos tres años y se describe el cambio que han tenido las poblaciones de la langosta en Puerto López y Puerto Gaitán (Meta), Villanueva (Casanare) y el corregimiento de El Viento (Vichada). Para 1996, se registraron altas densidades poblacionales en áreas de invasión, en 1997 fueron bajas y se presentaron en áreas óptimas para su desarrollo; en 1998 de nuevo hubo incremento poblacional tanto en áreas óptimas como de invasión debido a que los adultos tienen alta dispersión y con facilidad entran en contacto con diferentes agroecosistemas colonizando nuevas áreas óptimas para su desarrollo. De esta forma, el estudio de la dinámica poblacional de *R. schistocercoides* se centralizó en estas áreas, con el fin de dar prioridad a los factores que inciden sobre la población de la plaga.

¹ Juan Carlos Gutiérrez R. I.A.; Nancy Barreto Triana, M.Sc.; Edgar Martínez Granja, Ph. D. Corpoica, C.I. Tibaitatá
Orlando Jiménez, I.A., M.Sc., ICA seccional Meta

Para 1999, según Jiménez, las poblaciones del insecto se redujeron en un 90% respecto al las del año anterior y se presentaron algunos focos en la cuenca del río Tomo entre los sitios Nazareth y la reserva Indígena Miralindo. En su concepto, esta disminución obedece a la presencia de diferentes controladores naturales como aves, insectos, lagartos y cerdos, unido a la campaña de erradicación de focos liderada desde hace varios años por el ICA, la cual se realiza entre abril y junio mediante quemas o aplicación localizada de insecticidas aprobados por la FAO, para el manejo de acrididos.

Cuadro 2. Comportamiento de las poblaciones de *R. schistocercoides* en los Llanos Orientales de Colombia.

Generación*	Densidad	Biotopos
1995-1996	Alta densidad poblacional	Áreas de invasión
1996-1997	Baja densidad poblacional	Áreas óptimas
1997-1998	Incremento de la densidad poblacional	Áreas de invasión Áreas óptimas

* El período de cada generación fue registrado por la duración del estado volador del insecto que va aproximadamente de septiembre a marzo.

3.2. DESPLAZAMIENTOS

3.2.1. Mapeo epidemiológico

Se detectaron los bandos de langostas y se localizaron mediante geoposición satelital con el propósito de definir su desplazamiento y las áreas de preferencia alimenticia. Se escogieron 10 bandos separados por una distancia de 500 a 1000 metros, los cuales se marcaron con banderines. Las evaluaciones fueron tomadas, diariamente, al comienzo de cada instar ninfal y luego cada tres días, para no perder el bando.

Mediante esta caracterización se procedió a la comparación de los cambios en los niveles poblacionales de las últimas generaciones de *R. schistocercoides* a través del tiempo (Tabla 4). Para ésto, se definieron dos rutas cuyas coordenadas geográficas se registran en las Tablas 5 y 6, respectivamente.

Respecto al desplazamiento, se encontró que el avance para el segundo año (97 - 98) fue mayor que el primero (96 - 97), ya que el área ocupada (Ruta 2 -El Viento) por la segunda generación, estaba conformada por sabana abierta y pocos drenajes naturales

(franjas de bosque de galería), que actúan como barreras naturales en los desplazamientos de los enjambres.



Delimitación de áreas de focos y medición del recorrido de bandos de ninfas de la langosta llanera.

Tabla 4. Comportamiento poblacional de enjambres de *R. schistocercoides*, en la Altillanura Colombiana.

Generación	Ruta	Bandos*	Distancia avance de las langostas (Km)	Frecuencia Km.
1996-1997	Carimagua-Caribey	6	10.9	8.3
	Carimagua-Caribey	11		4.5
1997-1998	Carimagua-Gaviotas	4	24	15
	Carimagua-Gaviotas	10		6

* Los bandos registrados son aquellos cuya densidad poblacional osciló entre 20 y 26 individuos/m².

Tabla 5. Geoposición de bandos de *R. schistocercoides* en la ruta 1: Carimagua-Reserva Indígena Caribey.

Nº Bando	Geoposición		Distancia (km)	Bearing
1	N 04°31'07.6"	W 071°15'30.5"	1.1	126°
2	N 04°31'02.5"	W 071°13'07.2"	4.42	092°
3	N 04°30'14.9"	W 071°09'03.4"	7.66	081°
4	N 04°31'10.2"	W 071°09'01.1"	1.71	081°
5	N 04°30'56.1"	W 071°09'24.8"	0.85	239°
6	N 04°32'11.9"	W 071°09'06.3"	2.41	014°
7	N 04°31'16.5"	W 071°04'40.0"	8.39	102°
8	N 04°31'21.6"	W 071°03'44.9"	1.70	085°
9	N 04°30'15.8"	W 071°00'52.2"	4.16	119°
10	N 04°29'40.1"	W 071°00'52.2"	2.02	123°
11	N 04°28'52"	W 071°59'43.0"	2.60	125°

* distancia de encuentro de los bandos

Tabla 6. Geoposición de bandos de *R. schistocercoides* en la Ruta 2: Carimagua-Gaviotas

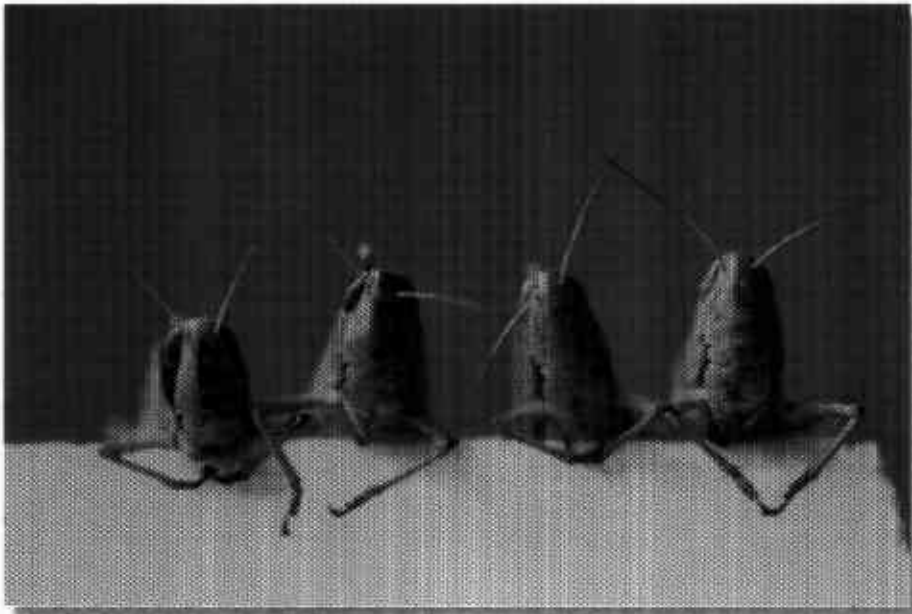
Nº Bando	Geoposición		Distancia* (Km)	Bearing
1	N 04°35'50.1"	W 071°16'00.8"	8.28	074°
2	N 04°36'17.4"	W 071°09'56.7"	11.3	086°
3	N 04°36'26.3"	W 071°09'23.0"	1.08	075°
4	N 04°34'59.1"	W 071°03'57.2"	10.4	105°
5	N 04°34'46.8"	W 071°02'44.0"	2.29	100°
6	N 04°35'45.4"	W 071°01'27.7"	2.97	052°
7	N 04°34'54.1"	W 070°58'08.6"	6.34	104°
8	N 04°34'21.4"	W 070°57'17.4"	1.87	123°
9	N 04°34'13.0"	W 070°57'01.2"	0.56	117°
10	N 04°31'05.7"	W 070°58'00.2"	6.07	197°

* distancia de encuentro de los bandos

3.2.2. Factores bióticos y abióticos que inciden sobre la población

El estudio de los recorridos ninfales reviste gran importancia, debido a que, durante esta fase fenológica de desarrollo del insecto, se implementan las medidas de control de forma eficiente para el manejo de las poblaciones acridianas. Mediante la evaluación de unos parámetros determinados, se midió la incidencia de los factores bióticos y abióticos sobre la fluctuación de la población. Estos parámetros fueron:

- Distancia y dirección del recorrido
- Dirección y velocidad del viento frente al recorrido de los bandos de los insectos
- Altura sobre el nivel del mar
- Precipitación
- Area del bando
- Instar o estadio ninfal del insecto
- Hospederos
- Enemigos naturales (principalmente aves)
- La relación entre el área del bando y la presencia de enemigos naturales



El estudio de la dinámica poblacional debe tener en cuenta el estado de desarrollo de la plaga.

Distancia y dirección del recorrido

Los desplazamientos de los bandos ninfales, en la zona de estudio, se describen en los anexos A y B. El desplazamiento se realizó de manera caprichosa. En ambos bandos, la dirección del recorrido fue hacia el nororiente y noroccidente. Se observó cómo ciertos factores del ecosistema incidieron en el recorrido: bosques de galería, áreas de quemas recientes y áreas de bajos inundables en el invierno. Además, un bando afectó un lote de pasto *Brachiaria humidicola*, pero su paso fue rápido e ingresó nuevamente a zonas de sabana lignificada. En diferentes bandos, se encontró un desplazamiento hacia áreas de mayor humedad.

Relación con la dirección del viento

En las observaciones registradas no se encontró correlación existente entre la dirección del viento y el desplazamiento de los estadios ninfales; ya que los movimientos se realizaron en contacto con la superficie del suelo (caminando) y sus recorridos son en forma caprichosa. La máxima actividad de las ninfas de *R. schistoceroides* se registró en las horas más calientes del día, posiblemente porque éstas buscan especies vegetales para consumo o para sombrero.

En las zonas de explosión, el viento conduce el fuerte olor que se deriva de los excrementos y de las secreciones salivales cuando el insecto causa daño directo a las plantas; es factible que, de esta forma, se pueda diseminar alguna feromona de gregarización, permitiendo la concentración de bandos en estas zonas (Flórez 1997).

Altura sobre el nivel de mar

Para evaluar la relación entre la altura sobre el nivel del mar y el desarrollo ninfal del insecto, en el bando, se realizaron pruebas estadísticas que demostraron diferencias significativas entre el tercer y el noveno instar del insecto.

La oviposición fue realizada por las hembras en áreas bajas de las sabanas; cuando emergieron las ninfas, buscaron las zonas altas para guardarse de las posibles inundaciones. Sin embargo, en zonas onduladas se observó una relación inversa entre la altura del terreno y el desarrollo ninfal de la langosta. Esto indica que instares avanzados (7°, 8° y 9°) de la langosta, afectaron las zonas más bajas de la sabana.

Es posible que estas zonas, por tener un drenaje rápido debido a la textura del suelo y a la topografía, sean difícilmente inundables durante los meses de mayor rigor invernal y

las poblaciones de langostas sólo necesiten la altura de las plantas para protegerse durante las lluvias. Estos resultados muestran una posible competencia por el forraje de mayor calidad entre las poblaciones de *R. schistocercoides* y la ganadería de la zona, ya que esta actividad se implementa, por lo general, en áreas de bajos.

Precipitación

Se compararon los desplazamientos de los bandos ninfales con los valores de la precipitación de la zona de infestación, para conocer su influencia. En general, los bandos mostraron una relación inversa con los niveles de precipitación, es decir, los máximos desplazamientos del insecto ocurrieron cuando los días no presentaron niveles altos de precipitación y la retención de humedad del suelo fue baja. Los desplazamientos mínimos se realizaron cuando los picos de precipitación fueron elevados. Las mayores precipitaciones de la región se observaron durante los meses de junio y julio, cuando los bandos de ninfas estaban en séptimo u octavo instar, teniendo estos, alta capacidad de desplazamiento.

3.2.3. Capacidad de desplazamiento

El desplazamiento de los bandos, durante su fase ninfal, fue de 111 metros diarios, en promedio, con desplazamientos máximos de 740 metros y mínimos de 6 (instar 2 y 3). El total del desplazamiento de los bandos en la etapa ninfal fue de cinco a siete kilómetros (Flórez 1997).

Se encontró que el recorrido de los bandos está correlacionado, en forma positiva, con el área de los mismos; es decir, que a mayor área de los bandos es mayor el recorrido. Se realizó un mapa epidemiológico de 124 bandos en el área de evaluación. El promedio de área de ocupación fue de 1258 m²; el mayor bando fue de 11.754 m²; 24 bandos estuvieron por encima de ¼ de hectárea y sólo siete, ocuparon más de media hectárea.

Comportamiento de los bandos

Durante su desplazamiento, los bandos ninfales presentan un frente de marcha y partes rezagadas (Figura 3) formando una herradura. Se desarrolló un ensayo con el fin de evaluar si el frente y la parte posterior del bando estaban compuestos de diferentes estadios de desarrollo ninfal de la langosta. Los análisis estadísticos de los resultados mostraron diferencias significativas entre las dos porciones de los bandos. Estos rezagos, por lo general, se debían a los insectos que cambiaban de instar. Las colas o rezagos de los bandos estaban compuestos por individuos que fueron atacados, con facilidad, por

depredadores, en especial por aves de pequeño porte. Se diferenciaron agentes dispersantes de la agregación de los bandos de *R. schistocercoides*, siendo las aves las más importantes.

Los bandos mostraron un hábito gregario marcado; ésto se hizo evidente mediante la unión o migración de bandos alternos a los de mayor densidad poblacional; es así como algunos de los bandos estudiados aumentaron su área hasta en un 75% en un sólo día; este proceso conllevó a que la población no fuera homogénea, presentando proporciones diferentes en sus instares ninfales. Hubo una constante en que los bandos que ocuparon mayor área o densidad poblacional fueron los que recibieron el mayor número de migraciones.

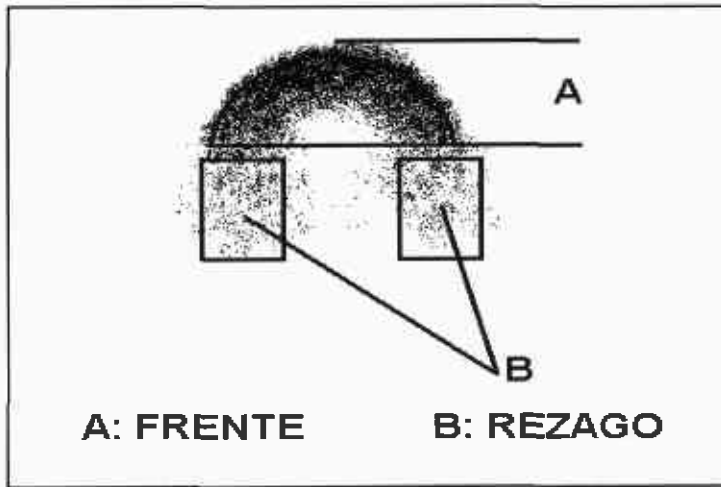


Figura 3. Esquema común del desplazamiento de bandos de *R. schistocercoides*.

3.2.4. Enemigos naturales

Con el seguimiento a los bandos ninfales, durante los dos años, se acumularon, aproximadamente, 90 salidas de campo, donde se anotaron las diferentes observaciones sobre la frecuencia de encuentro y la época de aparición de los diferentes enemigos naturales, actuando como reguladores de las poblaciones del insecto.

Las evaluaciones se realizaron en dos agroecosistemas diferentes en el área de trabajo, ubicados sobre el margen izquierdo del Río Muco. El Ambiente 1, conformado por los hatos Maquenque y La Alegría ubicados en el C.I Carimagua y el Ambiente 2 conforma-

do por las fincas Cunaviche, Agualinda, El Retiro y Los Gavilanes. Para su selección se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ambientes que presentaran antecedentes de explosiones poblacionales del insecto
- Manejo del sistema productivo y alteración del ecosistema (quemadas recurrentes)
- Vegetación y topografía

La topografía del Ambiente 1, presentó pendientes mayores del 5% en algunas áreas y fue zona de transición entre la altillanura y la serranía colombiana; para el Ambiente 2, la zona presentó pendiente menor del 5 % y fue muy homogénea.

El manejo en el Ambiente 1, correspondió a la explotación netamente pecuaria, donde se practicaron quemadas estacionales y desmedidas sobre sabanas nativas, entre marzo y septiembre. Para el Ambiente 2, se presentó explotación agropecuaria ya que alternaron áreas sembradas en caucho y marañón, con praderas introducidas y sabanas nativas. Sin embargo, el área presentó vastas zonas de bosque de galerías y no se hicieron quemadas.

La vegetación para el desarrollo de los instares ninfales en ambos ambientes fue la de sabana nativa. En el Ambiente 1, sobre cobertura vegetal escasa en los instares ninfales iniciales e intermedios; el Ambiente 2, se caracterizó por su alta cobertura vegetal entre 30 y 45 centímetros de altura, en promedio.

Durante el desarrollo ninfal de *R. schistocercoides* se presentaron varios enemigos naturales, por lo cual se dividieron en dos grupos: artrópodos y aves; de los que se registró su actividad, frecuencia y aparición en los dos ambientes evaluados.

El papel de los artrópodos, en el control eficiente de poblaciones de la langosta llanera, es cuestionado por diferentes autores y es importante cuando las altas infestaciones recobren su equilibrio natural. Los registros de las observaciones del presente estudio, se presentan en el Cuadro 3; los cuales muestran que la mayoría de benéficos que actúan como reguladores son depredadores no específicos. Sólo *Prionyx thomae* y otra avispa, posiblemente, de la familia Sphecidae, son parasitoides de ninfas y adultos, sin embargo, se observaron en ecosistemas con escasa cobertura vegetal y sobre suelos de textura arenosa.

Cuadro 3 Principales artrópodos que actúan sobre poblaciones de *R. schistocercoides* en Carimagua, entre 1997 y 1998 (Flórez 1997).

Agente de acción		Estado enemigo	Tipo de	Observaciones
Nombre vulgar	Nombre científico			
Avispa	<i>Prionyx thomae</i>	Adulto	Parasitoide	Aparece cuando las poblaciones de <i>R. schistocercoides</i> se encuentran en 6°, 7°, 8° y 9° instar ninfal y en el estado adulto. Estos insectos actúan muy bien sobre suelos arenosos y con escasa cobertura vegetal.
Avispa Tigre	s.l. Flia. Sphecidae	Adulto	Parasitoide	Se observó afectando instares ninfales intermedios 5°, 6° y 7°.
Hormiga negra	<i>Ectatomma ruidum</i>	Adulto	Depredador	Aparecen durante los primeros instares ninfales, 1°, 2°, 3° y 4°. Se registró alta actividad en ecosistemas sometidos a quemas continuas.
Hormiga	s.l.	Adulto	Depredador	Solo se observó capturando ninfas de primer instar, en el momento de la eclosión.
Chinche	s.l.	Larva	Depredador	Se observó capturando ninfas de instares intermedios, cuando los focos se desplazaban sobre sus nidos.
Chinche	s.l.	Adulto	Depredador	Captura ninfas de 5°, 6°, 7° y 8° estado ninfal. Actúa sobre pequeños arbustos, cuando los focos los atraviesan.
Araña	s.l.	Adulto	Depredador	Las ninfas quedan atrapadas en la telaraña cuando se desplazan sobre sabanas lignificadas, con alta cobertura vegetal.

.s.l.: Sin identificar.

De acuerdo con los datos obtenidos en campo, las aves merecen mayor descripción ya que la fluctuación poblacional de algunos bandos en estadio ninfal, presentó reducciones importantes. En la Figura 4, se muestra la disminución del área de ocupación de dos bandos, por consumo constante de carracos (*Polyborus plancus*). Se observó que en el día 69, el bando de ninfas 5b poseía un área de 1487 m², disminuyendo a 201 m² en sólo siete días; después, hacia el día 85 este desapareció, probablemente debido a la acción de los carracos. El bando de ninfas 4 presentó la misma tendencia que el anterior; con un área inicial de 2853,39 m² se reduce a 879,14 m²; allí se contabilizaron 25 carracos.

Lo anterior ratifica que el ataque a las langostas, por los carracos y otras aves, se intensifica al aumentar el estado biológico de la plaga, siendo los instares ninfales 6^o, 7^o y 8^o, los más susceptibles. De igual manera, se presentan incrementos leves en el área del foco, debido al efecto de dispersión de la población, producto de la presencia y de la severidad del ataque de dichas aves.

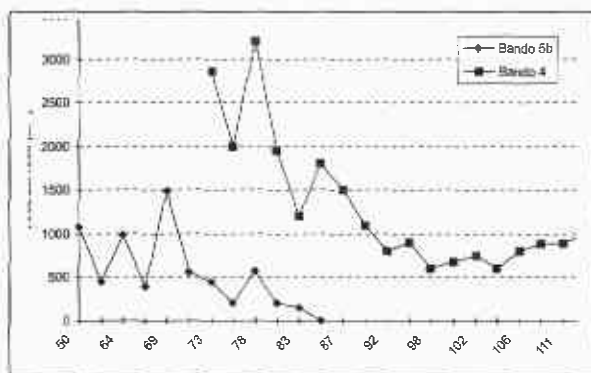


Figura 4. Influencia de *P. plancus* (carracos) sobre la población de *R. schistocercoides* en Carimagua 1997.

Como primer resultado de las evaluaciones se determinó que existen diferencias marcadas en los dos ecosistemas. El Ambiente 2, presentó mayor diversidad de especies actuando sobre los bandos, posiblemente uno de los factores con mayor incidencia fue la cobertura vegetal y la cercanía a las franjas de bosques.

Cepeda (1998), reportó 22 especies de aves con alta tendencia al gregarismo y consumidoras de langosta para la altillanura colombiana. En el seguimiento de los bandos en los dos ambientes, sólo se detectaron cuatro especies: Tijeretos (*Tirannus savana*), per-

dices (*Colinus cristatus*), jirigüelos (*Crotophaga ani*) y carracos (*Polyborus plancus*); no se presentaron especies como garza patiamarilla, tautacos y garza morena reportadas como altas biorreguladoras de poblaciones del insecto.

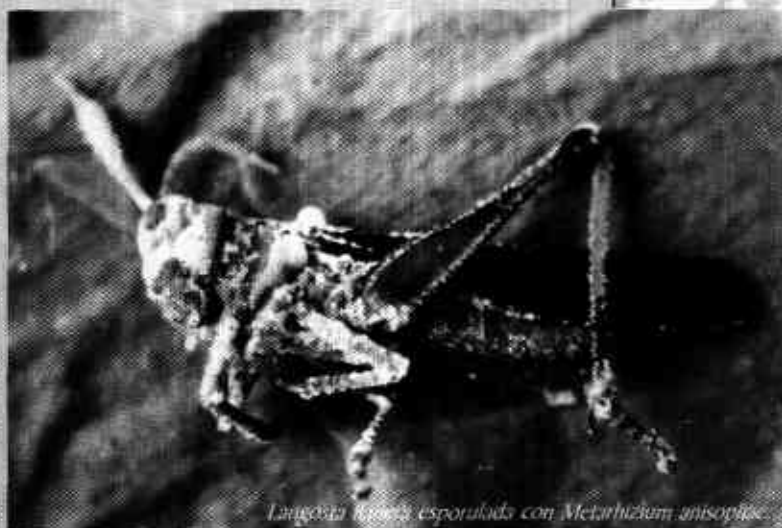
Los carracos (*P. plancus*) fueron las especies de mayor importancia por su capacidad de consumo, por lograr la dispersión de los bandos, por su tamaño y por el alto número de individuos que se congregan en dichos bandos. Estos, actúan mejor en áreas de poca cobertura vegetal y baja altura de la sabana nativa (zonas de quema y praderas introducidas). Especies como chirlovirlos (*Sturnella magna*), caicas (*Vallenus chilensis cayennesis*) y alcaravanes, mostraron una permanencia constante desde el momento de su aparición dentro de los bandos, pero no presentó agregación fuerte; sólo se reportó como parejas. Buhos (*Speotyto cunicularia*), arrendajos (*Psarocolius decumanus*) y mirlas (*Mimus gilvus melanopterus*), fueron especies muy ocasionales dentro de los bandos, ya que son especies muy territoriales.

Los instares de la plaga, con mayor incidencia de aves depredadoras son los intermedios (5°, 6°, y 7°), y avanzados (7° y 8°), debido al incremento del tamaño ninfal y a la fuerte capacidad de agregación en estos instares, lo cual permite la fácil ubicación por parte de depredadores.

Otros bandos de langostas mostraron una baja incidencia de enemigos naturales sobre su desarrollo ninfal, lo cual indicaría que una buena parte de bandos ninfales de *R. schistocercoides* escapan al control natural en estos agroecosistemas. Aparte de las aves, no se presentó una correlación entre la presencia de enemigos naturales y el área de los bandos de la plaga. Se desarrolló un análisis combinado de ocho bandos, mostrando que el área evaluada no presenta niveles altos de depredadores; durante el desarrollo ninfal, se encontró un promedio de 1.5 aves por bando/día.

CONTROL BIOLOGICO

4



Langosta Kinesi esporulada con Metarhizium anisopliae.

- 4.1. Antecedentes
- 4.2. Generalidades de *Metarhizium* spp.
- 4.3. Selección de cepas
- 4.4. Desarrollo tecnológico de un bioplaguicida a base del hongo *Metarhizium anisopliae*
- 4.5. Evaluaciones del bioplaguicida en campo

4. CONTROL BIOLÓGICO¹

4.1. ANTECEDENTES

En la década de los ochenta se gastaron más de 250 millones de dólares en insecticidas químicos para controlar las plagas de langosta en Asia y África. Sólo en 1988, durante la última gran invasión, los costos ascendieron a 120 millones de dólares representados en 13 millones de litros de insecticidas asperjados en 10 millones de hectáreas de diez países del norte y del noroccidente africano sin obtener resultados satisfactorios (Proyecto 1994).

El control químico de la langosta ha representado costos elevados además de afectar, en forma directa, el equilibrio del medio ambiente, pues los productos utilizados tienen un impacto negativo sobre animales acuáticos, aves e insectos benéficos, además, provocan en las plagas, resistencia a los plaguicidas y resurgencia de plagas secundarias (Lezama 1994).

Lo expuesto anteriormente y los peligros asociados con el almacenamiento de los compuestos tóxicos hacen pensar en alternativas de control que sean sostenibles tanto desde el punto de vista ambiental como económico tales como el control biológico mediante la utilización de hongos entomopatógenos (Prior 1995).

Varios estudios, en el nivel mundial, sobre el uso de hongos entomopatógenos para el control de la langosta han dado resultados satisfactorios, demostrando que algunas cepas de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp., presentan viabilidad para desarrollar una formulación que controle esta plaga, en forma efectiva. Es así como el International Institute of Biological Control (IIBC) de Inglaterra lidera en este momento los programas para el control de la langosta en África con base en la utilización del hongo *Metarhizium flavoviridae* Gams y Rozsypal (Prior, 1993).

Experimentos realizados, en laboratorio, utilizando formulaciones del hongo *Metarhizium flavoviridae* (Deuteromycetina: Hyphomycetes) contra *Schistocerca gregaria*, han demostrado resultados promisorios para el control de esta plaga, utilizando 8900 conidios/insecto como dosis letal media (Bateman 1993).

¹ Mariha I. Gómez, Q.E.; Laura F. Villamizar, Q.E. M.Sc.; Everth E. Ebratt, J.A.; Carlos Espinel, B.Sc.; Ana María Cármen, I.A.; Yaneth Jiménez, I.A.; Alba Marina Cotes Ph.D.

Parte del potencial biocontrolador de este hongo está basado en el hecho de que se han aislado a partir de acrididos más de veinte cepas de *M. flavoviridae* del occidente y oriente de África, y todas han demostrado una alta virulencia en un rango de acrididos incluyendo a *S. gregaria* (Prior 1995).

Los adultos de langosta inoculados con cinco microlitros de inóculo de $1,6 \times 10^8$ conidios de *Metarhizium flavoviridae*, murieron después de cinco días. Es importante resaltar que 24 horas después de la inoculación, las langostas redujeron el consumo diario de alimento, en forma considerable (Moore *et al* 1992).

En Malanville, norte de Benin, en la langosta *Hieroglyphus daganensis*, con la aplicación de 2×10^{12} conidios por hectárea, se mostró una mortalidad del 50% en siete días y del 85% 21 días después de la aplicación. Ensayos sobre la langosta fétida en Benin (1992) también mostraron un 90% de mortalidad al cabo de 14 días, con una dosis de 10.000 conidios (Bateman *et al* 1993).

La velocidad de acción de los bioplaguicidas es inferior a las velocidades alcanzadas con los insecticidas químicos, que en algunos casos podrían causar una muerte casi inmediata del insecto. Pero esta deficiencia se compensa con la pérdida de apetito y reducción de la capacidad de vuelo del insecto, disminuyendo el nivel de daño que podría causar la langosta durante los días en que se desarrolla la infección y se produce la muerte (Seyoum *et al* 1994).

Para la aplicación de este hongo se han usado técnicas de aspersión con equipos convencionales de ultra bajo volumen (ULV). Tal es el caso de pruebas de control de *Hieroglyphus daganensis* en Benin (África), en los cuales al tratar la plaga concentrada en pequeñas parcelas, se encontró un 50 % de mortalidad a los siete días de aplicación (Bateman *et al* 1993).

En Australia también se han realizado ensayos de control biológico de plagas de cultivos y de praderas tales como *Chortoicetes terminifera* y *Phaulacridium vittatum* (Orthoptera: Acrididae) mediante pruebas de laboratorio con la aplicación de *M. flavoviridae* y *M. anisopliae*. Estas dos especies resultaron más susceptibles a las cepas de *M. flavoviridae*, que produjeron un 100% de mortalidad en la plaga entre el día quinto y séptimo, y resultando dosis letales medias de 417 conidios/insecto para *C. terminifera* y de 1.212 conidios/insecto para *P. vittatum* (Milner y Prior 1994). En ensayos de campo se probó la efectividad controladora de una cepa de *M. flavoviridae* contra *P. vittatum* con una formulación en aceite que produjo un 77% de mortalidad de la plaga al octavo día de haber iniciado el experimento (Milner *et al* 1994).

En Brasil se han realizado ensayos en condiciones de campo controladas, con una cepa de *M. flavoviridae* contra *R. schistocercoides* por medio de aspersiones con equipos de ULV, teniendo resultados de un 54% de mortalidad a los 21 días, aunque aún se está desarrollando investigación para lograr una metodología más apropiada para realizar los ensayos, y una formulación del hongo que contenga protectores de luz ultravioleta (Magalhães *et al* 1996).

4.2. Generalidades de *Metarhizium* spp.

Metarhizium pertenece a la familia Phialosporaceae (Clase Hypomycetes, subdivisión Deuteromycotina, Orden Moniliales). Este género se caracteriza por tener esporas alargadas que forman cadenas originadas en filídes. Presentan una pigmentación verde e incluye tres especies: *M. anisopliae* (Metschnikov) Sorokin, *M. flavoviridae* (Gams y Rozsygal) y *M. album* Petch (poco estudiado). *M. anisopliae* posee conidios de forma ovoide, con diámetros que van de 10 a 16 micrómetros, con colores verde amarillento u oliváceo. Estas presentan actividad de α -fucosidasa (Bridge *et al* 1993) y posee enzimas como la quimioelastasa proteasa, la esterasa y la N-acetilglucosaminidasa (St. Leger *et al* 1991).

El hongo comienza la infección en el insecto mediante la germinación de los conidios, la cual ocurre en condiciones de alta humedad relativa (90% o mayor). Al germinar, los conidios desarrollan un pequeño tubo germinal, en cuyo extremo forman un *appressorium*, del cual parten unos filamentos miceliales los cuales, mediante presión física y degradación por enzimas, penetran la cutícula. La quimioelastasa proteasa (Prl), la esterasa y la N-acetilglucosaminidasa (NAGasa), son enzimas que se han aislado de conidios de *M. anisopliae* durante el proceso de infección. La primera está involucrada en la penetración de la cutícula, la segunda enzima degrada ésteres presentes en la superficie cuticular y la tercera, al ser una exoquitinasa, posee una actividad degradadora del componente de quitina cuticular, a su vez que produce la inducción de endoquitinasas (St. Leger *et al* 1991).

El micelio del hongo prolifera en el interior del insecto valiéndose de la hemolinfa, aprovecha los nutrientes como la trehalosa, esto ocasiona una liberación de las reservas de lípidos por parte del insecto de los cuales el hongo también se alimenta (Seyoum *et al* 1994). El aprovechamiento de la trehalosa por parte del hongo, se hace mediante la producción exocelular y endocelular de una enzima llamada trehalasa que degrada este azúcar principal (constituye más del 90% total de los nutrientes del insecto), ocasionando una caída en los niveles de azúcar del insecto y por ende una interferencia en la capacidad de vuelo, ya que la trehalosa es el combustible principal para el vuelo (Joshi *et al* 1993).

El sitio normal para la producción de toxinas es la hemolinfa, en la cual se conoce que *M. anisopliae* libera la destruxina A y destruxina B (polipéptidos cíclicos) (Lysenko y Kucera 1973) así como las citocalacinas (López y Rijo 1994). Estas toxinas producen una reducción del movimiento hasta llegar a una parálisis en el insecto. Después, el hongo se multiplica dentro de la hemolinfa y estos eventos conllevan respectivamente al envenenamiento y a la asfixia del insecto (Roberts y Yandol 1973).

Después de muerto el hospedero, el hongo produce clamidosporas que pueden mantenerlo viable dentro del cadáver. Estas esporas luego germinan y emergen hifas que esporulan en la superficie del insecto produciendo nuevos conidios infectivos (Ferrón 1978). La acción entomopatogénica del hongo se puede ver afectada por varias condiciones ambientales y, más aún, por el microclima que rodea a los conidios.

La temperatura es el primer factor microclimático que puede impedir la germinación y la viabilidad de los conidios; para el crecimiento del hongo se encuentra entre 20°C y 30°C, siendo óptima entre 24°C y 26°C (Roberts y Yandol 1973). El punto térmico de muerte oscila entre 55°C y 60°C (Avila y Umaña 1988).

El segundo factor microclimático que afecta la germinación del hongo es la humedad, y puede estar limitado a dos períodos en una epizootia. Primero, la mayoría de los hongos necesitan de humedad alta para germinar (humedad relativa superior al 90%), aunque *M. anisopliae* es capaz de sobrevivir a 45% de humedad relativa (Avila y Umaña 1988). Segundo, los nuevos conidios de los cadáveres también necesitan de humedad alta para dispersarse y aumentar la epizootia (Roberts y Yandol 1973).

Los conidios de la mayoría de hongos pierden su viabilidad debido al efecto causado por los rayos solares; la luz ultravioleta es el tercer factor que puede afectar la actividad biocontroladora de un microorganismo. Los conidios se afectan con longitudes de onda inferiores a 320 nanómetros, que corresponden a las radiaciones UVB (280 a 320 nanómetros) y parte de UVA (320 a 400 nanómetros). Estas causan muerte o retardo en la germinación debido a los cambios fisiológicos celulares de los conidios. La radiación UVC posee la energía más dañina, pero su efecto se ve reducido debido a que la atmósfera absorbe la mayor parte de ésta (Moore *et al* 1993).

4.3. SELECCIÓN DE CEPAS

El primer aspecto que se debe enfrentar en el momento de desarrollar un bioplaguicida para el control de una plaga, es el de seleccionar una cepa o un grupo de ellas que puedan brindar un mayor efecto entomopatogénico, en laboratorio o en campo, sobre dicha plaga.

En esta investigación se aisló, de diferentes insectos, un grupo de cepas de *M. anisopliae* con el propósito de realizar las pruebas preliminares en laboratorio para escoger aquellas que presentaran un mayor efecto biocontrolador sobre la langosta. Una vez seleccionadas las cepas, se evaluaron en campo (Zamora 1996; Espinel 1997, León 1998) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cepas evaluadas de *Metarhizium anisopliae*.

Cepa	Procedencia	Aislada de:
Mt 003	Colombia	<i>Ancognata scarabaeoides</i>
Mt 004	Colombia	<i>Ancognata scarabaeoides</i> (Coleoptera: Melolonthidae)
Mt 008	Colombia	Genus spp. (Chiza) (Coleoptera: Melolonthidae)
Mt 001	Colombia	Orthoptera: Acrididae
Mt 006	Venezuela	<i>Antronomus grandis</i>



Montaje de las jaulas para los bioensayos de laboratorio.

Las cepas evaluadas permanecieron conservadas en ampolletas que contenían suelo estéril, selladas herméticamente y mantenidas a 10°C. Antes de realizar las pruebas de laboratorio, estas cepas se activaron en las langostas aplicándoles una suspensión de los conidios y realizando un seguimiento de la mortalidad. Luego se realizó un aislamiento en el medio Saboureaud-Dextrosa-Agar (SDA) a partir de los individuos que presentaron esporulación después de muertos.

Una vez activadas las cepas, se llevó a cabo el bioensayo en un cuarto de cría del laboratorio de control biológico adaptado especialmente a las condiciones ambientales requeridas por las langostas. Se realizó una aplicación de 20 ml de una suspensión fúngica de cada cepa mediante una aspersión hecha por medio de atomizadores manuales a las langostas recluidas en jaulas de madera. Se registró la mortalidad diaria de las langostas y los insectos muertos se incubaron en cámaras húmedas, con el propósito de verificar la causa de la muerte observando la esporulación típica de *M. anisopliae* (Figura 5).

Los análisis estadísticos de los resultados permitieron determinar que a pesar de que todas las cepas de *M. anisopliae* alcanzaron a producir el 100% de mortalidad en las langostas, existió diferencia en ocho días, la cepa Mt 004 la produjo en nueve días, la cepa venezolana Mt 006 sólo alcanzó este valor de mortalidad en 12 días y las cepas Mt 008 y Mt 001 alcanzaron este valor de mortalidad en día trece (Figura 6).

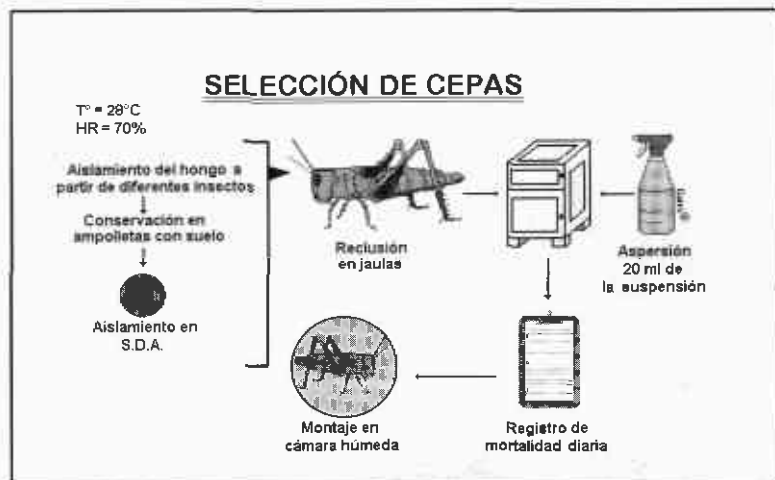


Figura 5. Bioensayo de laboratorio para la selección de cepas de *M. anisopliae*.

Una vez realizado el bioensayo, para la selección de las cepas, se llevaron a cabo las pruebas de resistencia de estas ante la radiación ultravioleta (U.V.) y la temperatura. Las cepas fueron expuestas a la radiación U.V. por medio de una lámpara germicida con una longitud de onda de 253.7 nm, así como a una temperatura de 45° C en oscuridad; para ambos casos se tomó un tiempo de tres horas. Posteriormente se realizó una evaluación de la concentración mediante el recuento en placa con el propósito de medir la viabilidad de las cepas.

Los resultados de estas pruebas nos permitieron escoger las cepas nativas Mt 001, Mt 004 y Mt 008 por tener una mayor resistencia al ser expuestas a la radiación U.V. y a la temperatura alta. Se rechazó la cepa Mt 003 debido a que presentó una disminución drástica de la viabilidad (30.2%) al ser expuesta a la radiación U.V.

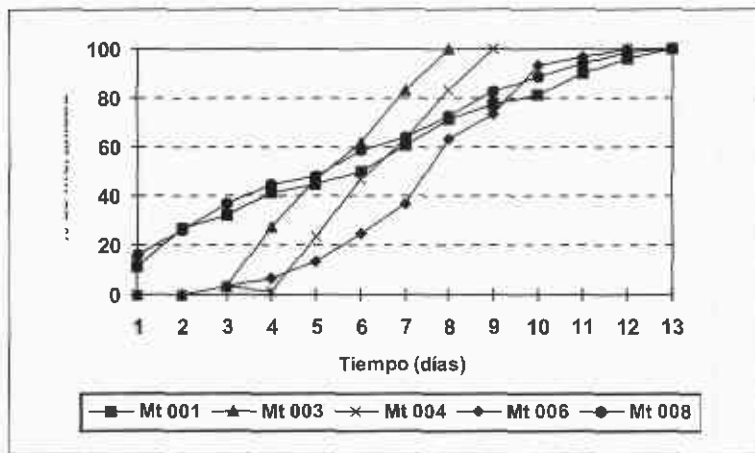


Figura 6. Actividad insecticida de las cepas de *M. anisopliae* sobre *R. schistocercoides*.

4.3.1 Bioensayo para la determinación de la dosis letal media (DL 50)

Dada la actividad insecticida promisoriosa y la reducción baja de la viabilidad ante la radiación U.V. y frente a las temperaturas altas de las cepas seleccionadas (Mt 001, Mt 004 y Mt 008), se procedió a determinar la DL50 con el fin de conocer su virulencia (Figura 7).

A partir de una suspensión inicial se realizaron cinco diluciones seriadas (1×10^7 , 1×10^6 , 1×10^5 , 1×10^4 y 1×10^3 propágulos/ml), se extrajeron 20 μ l de cada dilución, y se realizó una aplicación tópica a las langostas adultas. La forma de evaluación, el registro acumulado de mortalidad diaria y el montaje de insectos en cámara húmeda, se llevó a cabo del mismo modo descrito para el ensayo anterior.

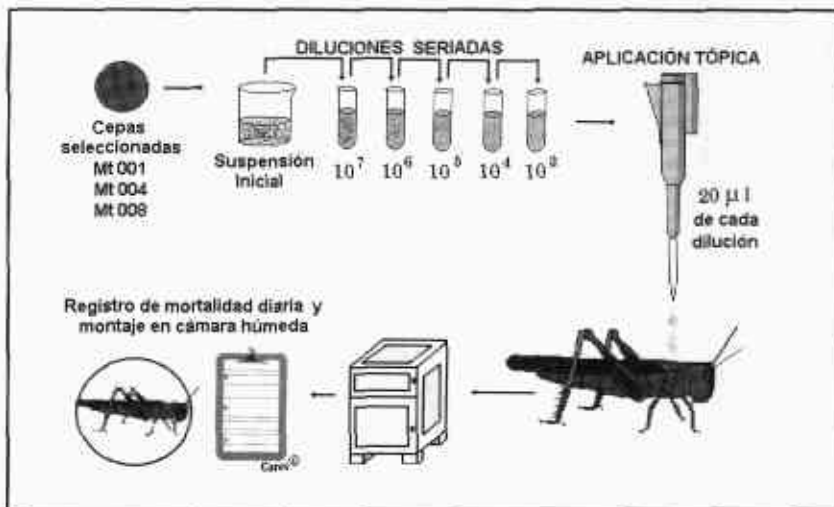


Figura 7. Bioensayo para la determinación de la dosis letal media (DL50) de las cepas seleccionadas.

Se encontró que la mortalidad producida en las langostas adultas por las tres cepas de *M. anisopliae* no presentó diferencias significativas. Aunque en esta ocasión la cepa Mt 004 produjo el 100% de mortalidad al día 9 con su mayor dosis, mientras que las cepas Mt 008 y Mt 001, para este mismo día, produjeron 96.3% y 92.8% respectivamente para la misma dosis. De todas maneras, fueron porcentajes de mortalidad mayores que los obtenidos en el ensayo anterior al noveno día, ya que las cepas Mt 008 y Mt 001 produjeron un 82.5% y un 77.5% de mortalidad respectivamente.

La dosis letal media (DL50) obtenida para la cepa Mt 004 fue de cinco conidios/insecto, mientras que para las cepas Mt 008 y Mt 001 fue de siete.

Estos resultados contrastaron con los obtenidos por Milner y Prior (1994), cuando utilizaron, en condiciones controladas, cepas de *M. flavoviridae* para el control de la langosta australiana *Chortoicetes terminifera* (Orthoptera:Acrididae), resultando una DL 50 de 417 conidios/insecto. También difirieron de los resultados obtenidos por Bateman *et al* (1993) en condiciones controladas de laboratorio, cuando usó como biocontrolador a *M. flavoviridae* sobre *Schistocerca gregaria* (Orthoptera:Acrididae) y encontró una DL 50 de 8.900 conidios/insecto.

La pequeña cantidad de inóculo necesaria para producir mortalidad en *R. schistoceroideis*, indicó que las cepas nativas de *M. anisopliae* evaluadas en laboratorio, poseen una

actividad biocontroladora alta, la cual es promisoría si se tiene en cuenta que las DL50 requeridas con las cepas nativas son menores que las reportadas en el ámbito internacional. Esto puede ser por la adaptación del hongo a las condiciones particulares del insecto, tales como una afinidad química por su epicutícula, la capacidad que pueda tener cada conidio del hongo para penetrar e infectar rápidamente al insecto o la adaptación del hongo a las condiciones climáticas del trópico.

Una vez seleccionadas en laboratorio las cepas de *M. anisopliae* con mayor capacidad virulenta sobre *R. schistocercoides*, se procedió a desarrollar tecnológicamente un bioplaguicida a base de las cepas del hongo evaluado. Esto ocurre debido a que el bioplaguicida es aplicado en campo y por ende la capacidad virulenta del hongo se afecta debido a condiciones medioambientales adversas.

4.4. Desarrollo Tecnológico de un Bioplaguicida a Base del Hongo *Metarhizium anisopliae*

Las condiciones medio ambientales en las cuales vive la langosta en los Llanos orientales de Colombia, tales como altas temperaturas, alta radiación ultravioleta y baja humedad relativa, disminuyen la viabilidad del biocontrolador, en forma considerable, cuando éste es aplicado en forma de conidios desnudos. Se ha reportado que bajo estas condiciones los conidios sólo pueden permanecer vivos entre 100 y 360 minutos (Moore *et al* 1993). Este tiempo tan reducido no le permite a la mayoría de conidios ejercer su actividad biocontroladora, alcanzándose bajas tasas de mortalidad de los insectos plaga.

La radiación ultravioleta puede actuar como factor mutagénico o germicida de los conidios; además, la interacción de la luz UV con las elevadas temperaturas puede ser fatal para estas estructuras (Moore *et al* 1993).

Se ha demostrado que la utilización de aceites en las formulaciones aumenta la viabilidad de los conidios debido a que forma una película lipofílica sobre estas estructuras, impidiendo su desecación. Además, estos compuestos oleosos absorben ciertas longitudes de onda correspondientes a la radiación ultravioleta protegiendo en cierta medida al hongo de los efectos negativos de dicha radiación. Otra ventaja que ofrecen las formulaciones oleosas es la de permitir adherencia del hongo sobre el follaje y la cutícula de la langosta, evitando el arrastre de los conidios por los vientos y las lluvias (Moore *et al* 1993).

El logro de un bioplaguicida implica el cumplimiento de diversas etapas que aseguren la obtención de un producto seguro, eficaz y confiable. Dichas etapas comprenden el

aislamiento del microorganismo, la evaluación de su actividad biológica, su producción masiva, estudios de preformulación, formulación, determinación de dosis y formas de aplicación, estudios de toxicidad, ensayos de campo, determinación de los mecanismos de biocontrol, estudios de impacto ambiental, caracterización molecular, estudios de mercado y patentamiento, entre otros.

El desarrollo tecnológico de este bioplaguicida incluye diferentes etapas (Figura 8) que van a determinar su forma de presentación. Se distinguen dos componentes en el producto final: el principio activo *Metarhizium anisopliae*, responsable de la actividad biocontroladora y los excipientes inertes frente al principio activo y la langosta que ayudan a mejorar o modificar la acción del ingrediente activo.

La preformulación y formulación son etapas fundamentales en el desarrollo de un bioinsecticida. El objetivo de la formulación es proveer la combinación correcta, de tal manera que el ingrediente activo junto con otros materiales forme un producto estable, seguro, efectivo, fácil de aplicar y aceptable para su uso. Para desarrollar un producto con estas características es indispensable realizar un estudio previo, de preformulación, que revele las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, entre otros, del principio activo (conidios) solo y en combinación con los auxiliares de formulación que comúnmente se utilizan.

El diseño de la formulación depende de la plaga, el sitio en el cual el bioplaguicida se vaya a aplicar, las condiciones medioambientales y el tipo de usuario al cual el producto será vendido. Según el ciclo de vida de la langosta y la forma de infección del hongo, *M. anisopliae*, podría ser aplicado en estados ninfales sobre la superficie de la plaga, o sobre el follaje en forma de un polvo fino para suspender.

Teniendo en cuenta la necesidad de desarrollar un producto adecuado para el control de la langosta llanera, en Corpoica, se realizaron los estudios tecnológicos, con el fin de lograr un bioplaguicida que brindara protección al hongo frente a la radiación UV, mayor viabilidad, adherencia y de fácil aplicación.

4.4.1. Producción en medio líquido y separación de *Metarhizium anisopliae*

Con el propósito de escoger un medio líquido para la producción de conidios de *Metarhizium anisopliae*, se evaluaron seis medios de cultivo (extracto de levadura 1%; extracto de levadura 1% + sacarosa 2%; extracto de levadura 1% + lactosa 2%; extracto de levadura 2%; extracto de levadura 2% + sacarosa 2%; extracto de levadura 2% + lactosa 2%), cuya composición básica fue estandarizada por Cotes en 1996 para el cultivo en fermentador de hongos antagonistas.

En erlenmeyer de 250 ml, se colocaron 100 ml de cada medio de cultivo, se taparon y se esterilizaron durante 25 minutos a 120°C y 25 libras de presión.

Posteriormente, cada medio se inoculó con 1 mililitro de suspensión de conidios de *M. anisopliae* cepa Mt 004. Dicha suspensión se ajustó a una concentración de 37×10^8 conidios/ml. Los medios se incubaron a 25°C y 155 r.p.m. durante 10 días. Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento. Una vez culminado el tiempo de incubación, el contenido de cada erlenmeyer fue homogeneizado en una licuadora a dos ciclos durante 1 minuto. De este homogeneizado se tomó 1 ml y se llevó a 10 ml con una solución de tween 80 al 0.2%. A partir de esta dilución se prepararon las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} las cuales se cuantificaron en cámara de Neubauer, para determinar el número de conidios totales en 100 ml de medio de cultivo incubados. Cada conteo se realizó por triplicado.

El medio de cultivo seleccionado por su alto rendimiento en conidios fue, evaluado posteriormente, para la cepa Mt 006, siguiendo la misma metodología descrita.

En todos los medios de cultivo evaluados una vez finalizado el tiempo de incubación, se encontró, mediante cuantificación microscópica, una producción considerable de conidios y no de blastosporas que son las estructuras más comúnmente producidas cuando se realiza multiplicación en medio líquido. Este resultado es prometedor ya que la multiplicación sumergida de hongos en la mayoría de los casos, origina blastosporas que son estructuras poco virulentas y que pierden, muy rápido, viabilidad durante el almacenamiento (Lane y Trinci 1991).

Partiendo de una concentración inicial de 37×10^4 conidios/ml, obtenida al inocular cada medio de cultivo, se observó una producción significativa de conidios durante los 10 días de incubación.

No se detectaron diferencias significativas entre la producción de conidios en el medio líquido suplementado con extracto de levadura y fuente de carbono (sacarosa o lactosa) y el medio líquido suplementado sólo con extracto de levadura, lo más probable, porque la fuente de carbono no incide en la esporulación, mientras que si es directamente proporcional a la producción de micelio y de blastosporas (Humphereys *et al* 1989).

Se encontró que al aumentar la concentración de extracto de levadura en el medio de cultivo, aumentó la producción de conidios, indicando que la esporulación se ve influenciada principalmente por la concentración de la fuente de nitrógeno orgánico y factores de crecimiento como el extracto de levadura. Resultados similares fueron obtenidos por Riba y Glandard (1980) con el hongo entomopatógeno *Nomureae rileyi*, con

el cual se evaluaron medios líquidos que contenían concentraciones de extracto de levadura de 0.5%, 1% y 2 % y se encontró que al aumentar la concentración de la fuente de nitrógeno se incrementó la esporulación del hongo ya que dicho compuesto además de aportar nitrógeno, es una fuente de vitaminas y de lípidos.

La separación de los conidios se realizó mediante una homogeneización del medio de cultivo crecido con el hongo, posteriormente, una clarificación de este homogeneizado a través de una muselina estéril y una centrifugación posterior, a 4.000 r.p.m. durante 15 minutos. El sedimento (conidios) se sometió a un proceso de secado en una estufa con corriente de aire a 25°C durante 24 horas.

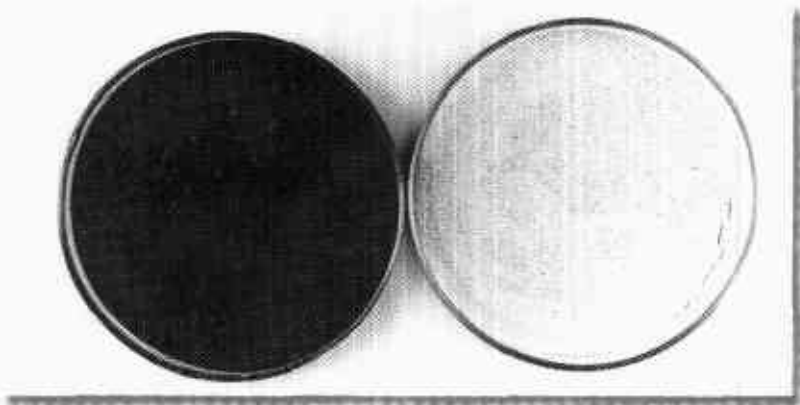
4.4.2. Producción en medio sólido y separación de *Metarhizium anisopliae*

La producción en medio sólido de *M. anisopliae* se hizo en arroz humedecido estéril, utilizando el método de inoculación directa descrito por Moore y Marley-Davies (1994). Este procedimiento (Figura 9) consistió en la inoculación del medio con una suspensión del hongo. La producción se realizó en bolsas de polietileno de alta densidad, a las cuales se les acondicionó un cuello en el que se ajustó un tapón de algodón. Con este procedimiento se lograron rendimientos entre 3×10^9 y $8,0 \times 10^9$ unidades formadoras de colonia producidas por cada gramo de arroz esporulado.

Los conidios fueron separados del arroz mediante un lavado con una solución de Tween 80 y centrifugación posterior. La biomasa obtenida se secó en un secador de lecho fluido, manteniendo su viabilidad durante todo el proceso. La biomasa obtenida tuvo un 5% de humedad y fue almacenada a 8°C, para ser formulada posteriormente.

4.4.3. Formulación del bioplaguicida

En el desarrollo de este bioplaguicida de aplicación foliar para el control de la langosta se consideró la fotoestabilidad, persistencia, adherencia y la resistencia al lavado por las lluvias del hongo. Por lo tanto, se tuvieron en cuenta excipientes como los tensioactivos, los cuales modifican la humectabilidad del producto permitiendo preparar una suspensión estable y son indispensables en la formación de emulsiones. También se tuvieron en cuenta agentes de fluidez para mejorar el flujo del polvo y así evitar la soldadura de las partículas durante largos períodos de almacenamiento; así como adherentes para asegurar la permanencia del insecticida ya aplicado y evitar su arrastre por la lluvia, el rocío y el viento. Por último, se tuvo en cuenta un filtro solar (CBUV 01) para proteger al biocontrolador de los efectos nocivos de la radiación ultravioleta del sol.



Comparación entre los conidios de *M. anisopliae* sin formular (izquierda) y los conidios formulados (derecha).

Para el desarrollo de la formulación, en un principio, se elaboró una caracterización farmacotécnica de los posibles auxiliares de formulación a utilizar, esta incluyó la determinación del tamaño de partícula, la fluidez, el pH, la voluminosidad, el porcentaje de humedad y la humectabilidad. Con estos resultados se realizó una preselección inicial de los excipientes y a los escogidos se les determinó su efecto tóxico sobre la viabilidad de *M. anisopliae*.

De otra parte se determinó la toxicidad que pudieran presentar los auxiliares de formulación sobre la langosta para lo cual se realizó un bioensayo, asperjando los excipientes sobre langostas y fijando como indicador de toxicidad un porcentaje de mortalidad mayor al 10% con respecto al obtenido en el tratamiento blanco. Ninguno de los excipientes utilizados fue tóxico para la langosta, ya que el porcentaje de mortalidad de éstas fue inferior al 10%. Una vez seleccionados los auxiliares de formulación, se evaluaron diferentes técnicas de recubrimiento, con el fin de incorporar un protector solar sobre la superficie de los conidios de *M. anisopliae*.

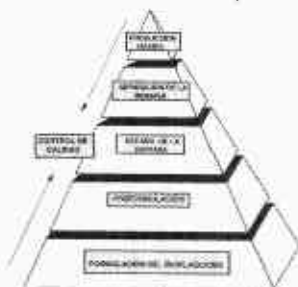


Figura 8. Desarrollo tecnológico del bioplaguicida.

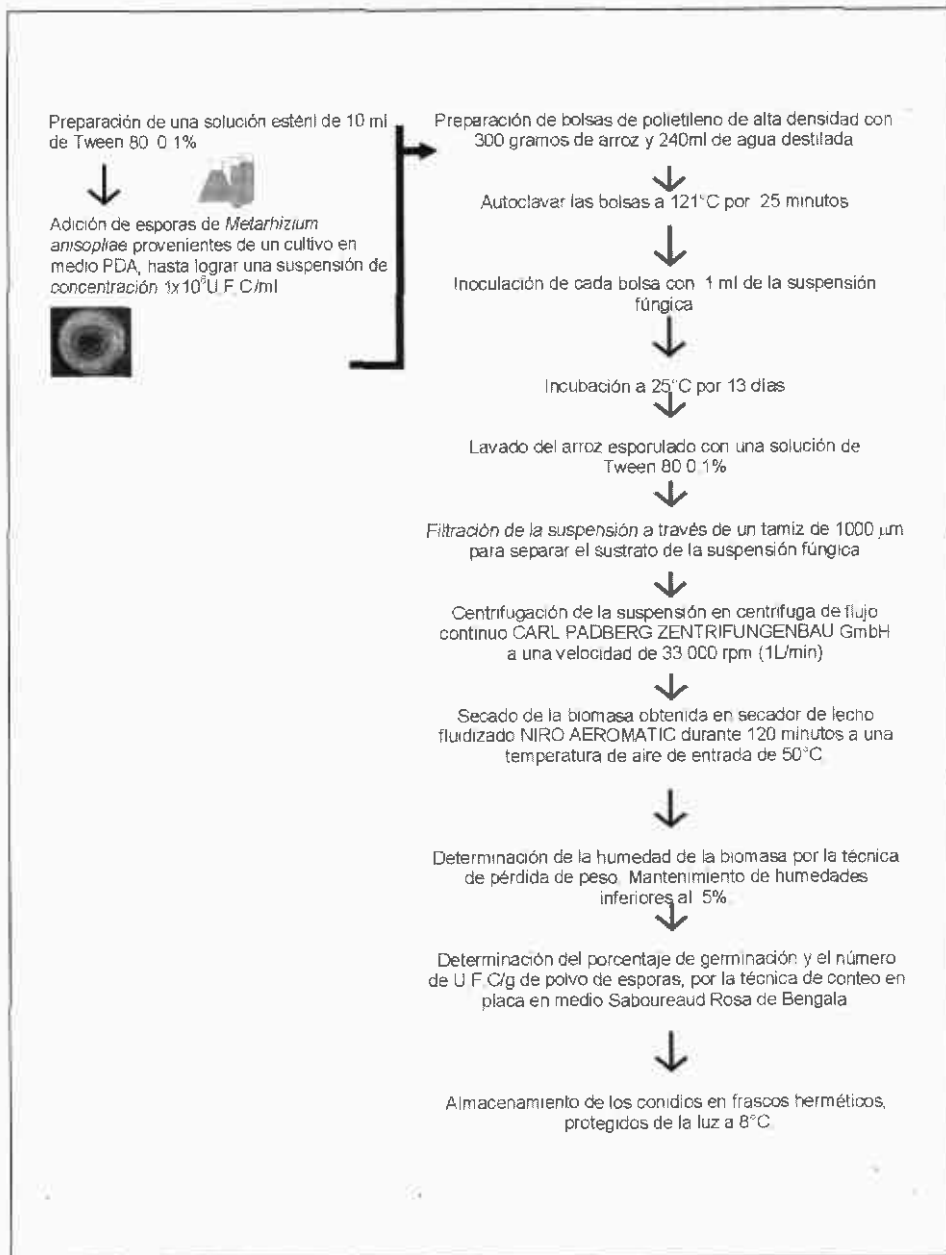


Figura 9. Proceso de producción en medio sólido y separación del hongo

El bioplaguicida desarrollado fue diseñado como un polvo para reconstituir en una emulsión aceite en agua, formada por un aceite vegetal y una mezcla de tensioactivos que permitieron emulsionar esta suspensión en el volumen de agua necesario para su aplicación en campo. En este proceso, los conidios se recubrieron con un protector solar (CBUV 01) adherido a la superficie mediante un agente gelificante (Figura 10).

Al evaluar el bioplaguicida frente a la radiación ultravioleta en un ensayo realizado tanto en condiciones de laboratorio con una lámpara germicida G30T8 que emite una longitud de onda de 253,7 nm (UVC) y en Puerto López (Meta) bajo condiciones normales de campo a 32°C de temperatura, se encontró un 100% de viabilidad por parte del producto después de seis horas de exposición.

Otro de los parámetros importantes en el diseño de este producto fue el tiempo que pudiera permanecer adherido el hongo a las hojas del follaje, ya que si su permanencia es baja y las condiciones en las cuales se aplica son adversas (alta radiación solar, lluvias, vientos, entre otros) provocan una pérdida del bioplaguicida antes de que empiece a desarrollar su actividad entomopatogénica.

Al determinar la persistencia del bioplaguicida sobre el follaje en condiciones de campo Carimagua-Meta (36°C; 65% de humedad relativa) se pudo encontrar que el hongo permaneció viable durante 12 días en el follaje, mientras que cuando el hongo fue aplicado en forma de conidios desnudos (no formulados) sólo fue detectado hasta el sexto día. La viabilidad del biocontrolador formulado fue superior al 90% durante los primeros seis días, disminuyendo, en forma progresiva, hasta llegar al día 12, tiempo en el cual la viabilidad del hongo sin formular no se detectó.

El preformulado desarrollado fue sometido a un riguroso control de calidad determinando su tamaño de partícula, fluidez, porcentaje de humedad, porcentaje de germinación y concentración (Anexo C). Además, se evaluó la estabilidad en almacenamiento, para lo cual se diseñó un estudio de viabilidad en estas condiciones teniendo en cuenta tres temperaturas y cada mes se realizó la toma de datos para evaluar la viabilidad del hongo.

Aunque el bioplaguicida a base de *M. anisopliae* desarrollado por el Laboratorio de Control Biológico produjo en las langostas mortalidades superiores al 68% tanto en condiciones controladas de campo como en campo abierto, fue necesario garantizar que, a través del tiempo, todos los lotes del bioplaguicida producido mantuvieran esta actividad.

Para lograr ésto, se estandarizaron las operaciones unitarias y los procesos de manufactura, demostrando y confirmando la solidez, coherencia, persistencia y reproductividad de dicho proceso. Para tal fin, fue necesario realizar la fórmula maestra de producción la cual estuvo respaldada por un documento que especificó las materias primas, los materiales de envase, la descripción detallada de las instrucciones del proceso (control de calidad de las materias primas, pretratamiento, secuencia de adición, tiempos de mezcla, temperaturas, humedades, entre otros), instrucciones para los controles en proceso con sus respectivos límites, requisitos de almacenamiento, envase, etiquetado y precauciones especiales. El documento maestro hace parte de la planta de producción del bioplaguicida, en el Laboratorio de Control Biológico de Corpoica.

El desarrollo de esta actividad se realizó determinando los límites de confianza de todas las operaciones unitarias del proceso y realizando procedimientos estándar de operación (SOP), como son, el manejo, mantenimiento y limpieza de equipos, la limpieza de las instalaciones y el control ambiental, muestreo e inspección. Este trabajo tuvo como guía la utilización de las normas consignadas en las Buenas Prácticas de Manufactura en los capítulos de producción, documentación y control de calidad.

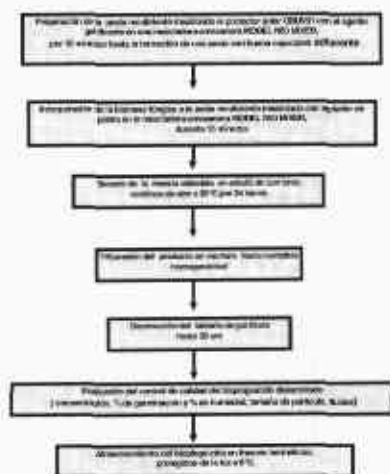


Figura 10. Formulación del hongo *Metarhizium anisopliae*.

4.5. EVALUACIONES DEL BIOPLAGUICIDA EN CAMPO

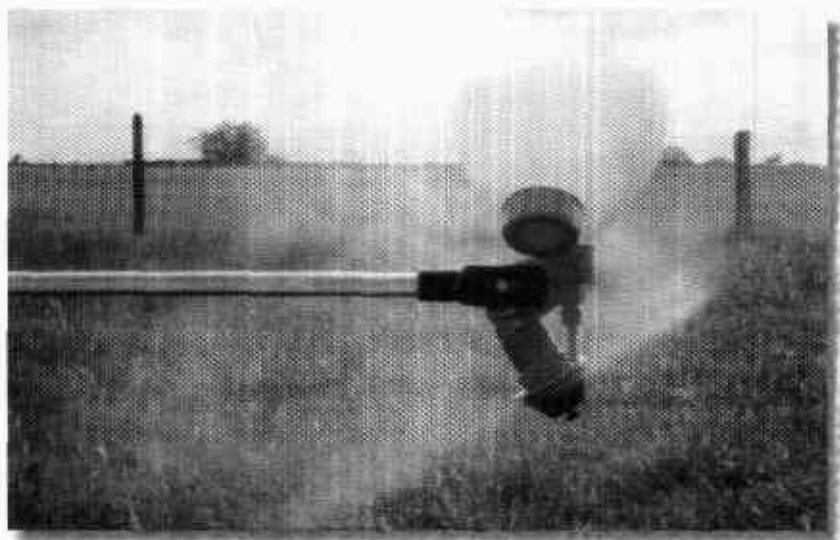
Una vez seleccionadas en laboratorio las cepas nativas Mt 001, Mt 004 y Mt 008, por su alta actividad biocontroladora, se procedió a evaluarlas en las condiciones naturales donde se encuentra la langosta. Estos trabajos se llevaron a cabo en el Centro de Investigación Carimagua de Corpoica (4°30' N; 7° 30' W) ubicado en la altillanura plana.



Montaje de las jaulas para los bioensayos en campo.

4.5.1. Evaluación en condiciones controladas de campo

Con el propósito de evaluar el efecto del bioplaguicida sobre las langostas y la eficiencia del protector solar sobre el hongo, se realizaron los bioensayos en condiciones controla-



Bomba de ultra bajo volumen (U.L.V.) utilizada para asperjar el bioplaguicida.

das de campo. El bioplaguicida fue evaluado sobre dos estados de desarrollo de la langosta: estadios ninfales iniciales (tercer a quinto instar) y estado adulto. En ambos casos, se evaluó el efecto de las tres cepas nativas de *M. anisopliae* aplicadas como conidios desnudos, es decir, sin recubrimiento del protector solar CBUV01 (cd) y conidios formulados, con el protector solar CBUV01 (f) (Espinel 1997).

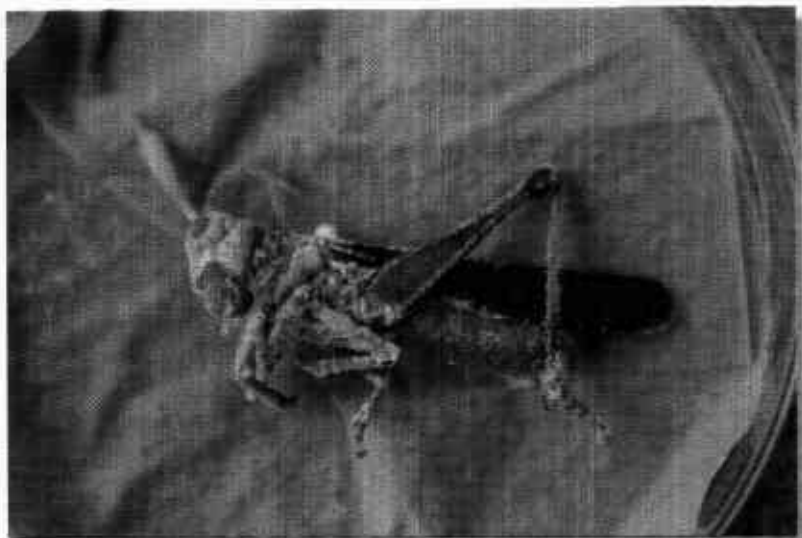
Aplicación de *M. anisopliae* sobre el estado adulto de *R. schistocercoides*: Este bioensayo se llevó a cabo en la temporada de verano (36° C de temperatura y 56% de humedad relativa). Las langostas adultas fueron capturadas en campo y luego fueron recluidas en jaulas de tela de muselina de 1.2 m² de área y 1.8 m³ de volumen (Figura 11).

Los polvos que contenían el hongo, formulado y sin formular, fueron reconstituidos en una base autoemulsificable y llevados al volumen final requerido con agua. Estos se aplicaron en horas de la tarde por medio de la aspersión de 20 ml de la suspensión por cada jaula, mediante la utilización de una bomba de ultra bajo volumen MICRON-ULVA, utilizando una boquilla que proveía un tamaño de gota de 50 micras.

El registro de mortalidad se hizo por medio de dos recolecciones diarias (mañana y tarde). Los individuos muertos o con signos de infección se colocaron en cámaras húmedas para verificar la causa de la muerte. El diseño experimental fue de bloques completos al azar. Las langostas se alimentaron diariamente con arroz de 20 días de sembrado, contenido en bandejas plásticas.

Al ser evaluadas sobre adultos de *R. schistocercoides*, las cepas formuladas y no formuladas de *M. anisopliae* en condiciones controladas en el C.I Carimagua, los mayores porcentajes de mortalidad corregida se obtuvieron con las cepas formuladas (f) al décimo séptimo día de aplicación; siendo porcentaje de mortalidad, producidos en la langosta, de un 67.8% cuando se aplicó la cepa Mt 004, cuando se aplicó la Mt 001 ésta fue de 64.1% y cuando se aplicó la cepa Mt 008 la mortalidad fue de 56.5%.

Estos resultados presentaron diferencias significativas con respecto a los producidos al aplicar los conidios desnudos (cd), resultando una mortalidad de 9.5% cuando se aplicó la cepa Mt 004, 28.2% cuando se aplicó la cepa Mt 008 y 26.4% cuando se aplicó la cepa Mt 001 (Figura 12). Cabe resaltar que no se presentaron diferencias significativas entre la mortalidad producida en las langostas cuando las cepas fueron formuladas, ni entre las cepas cuando éstas fueron aplicadas como conidios desnudos (no formulados).



Esporulación típica del hongo entomopatígeno *M. anisopliae* sobre la langosta llanera.

El porcentaje de mortalidad obtenido en las langostas cuando se les aplicó el hongo formulado fue relativamente alto, teniendo en cuenta la baja humedad relativa, la alta temperatura y la incidencia de la luz ultravioleta observadas durante el ensayo; factores poco favorables para el hongo. Estos resultados nos permitieron comprobar que la formulación sí le confiere protección a los conidios ante los factores medioambientales adversos, evidenciada por la diferencia en el porcentaje de mortalidad de las langostas que se presentó entre estos y cuando se aplicaron los conidios sin el recubrimiento.

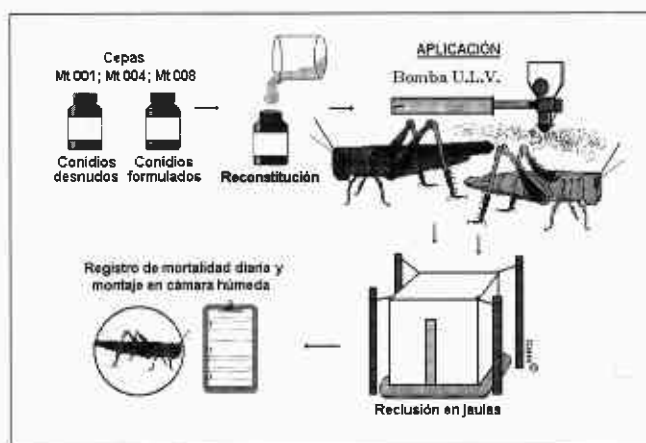


Figura 11. Evaluación del bioplaguicida en condiciones controladas de campo. Aplicación sobre estados adultos y estadios ninfales de *R. schistocercoides*.

Se pudo concluir que las tres cepas evaluadas mostraron estabilidad en las condiciones drásticas de campo, cuando fueron formuladas con el protector de luz ultravioleta. Además, la formulación no afectó la actividad entomopatogénica del hongo *M. anisopliae*.

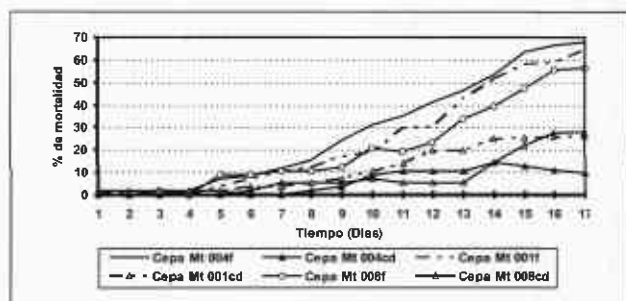
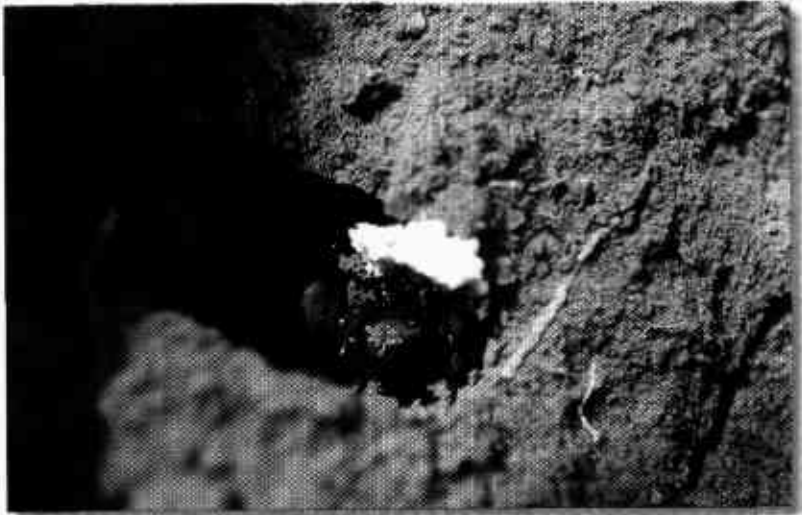


Figura 12. Efecto biocontrolador en campo de las cepas formuladas y no formuladas sobre adultos de *R. schistocercoides*.

Aplicación de *M. anisopliae* sobre estadios ninfales iniciales de *R. schistocercoides*: El bioensayo se llevó a cabo durante la temporada de invierno (temperatura 29.7°C; humedad relativa 78.5%). Se evaluaron las tres cepas anteriormente mencionadas en sus dos presentaciones: conidios formulados y conidios desnudos (sin formular). Se utilizaron langostas extraídas de bandos que presentaron estadios ninfales iniciales (tercero a quinto instar). Estas se introdujeron a las jaulas, en forma aleatoria, en diferentes estadios de desarrollo. El diseño experimental, la técnica de aplicación y el registro de datos fueron los descritos para el ensayo anterior.

Al vigésimo día de ser evaluadas las cepas formuladas y sin formular de *M. anisopliae* sobre los estadios ninfales iniciales de *R. schistocercoides* se obtuvo un porcentaje acumulado de mortalidad del 33% en las langostas tratadas con la cepa Mt 004, de 31.8% en las tratadas con la cepa Mt 008 y de 81.5% en las langostas tratadas con la cepa Mt 001. La cepa Mt 001 presentó diferencias significativas al ser comparada con las otras dos (Figura 13). De nuevo se evidenciaron diferencias significativas entre la actividad biocontroladora de las cepas formuladas y sin formular, ya que estas últimas produjeron mortalidades de 3.3%, 1.6% y 1.6% para las cepas Mt 004, Mt 008 y Mt 001, respectivamente.

El hecho de que la cepa Mt 001 produjera en las ninfas de langosta una mortalidad mayor que la producida por las otras evaluadas indicaría que bajo estas condiciones de campo es más virulenta. Esto se puede deber a algún tipo de afinidad del hongo por las estructuras del insecto en estos estados o a su mayor habilidad para degradarlas. De



otra parte, se podría pensar que esta cepa se encuentra más adaptada a las condiciones ambientales o ecológicas de este estadio de la plaga y en consecuencia podría persistir durante más tiempo, constituyéndose en un inóculo infeccioso para las langostas.

Al igual que en el experimento anterior las cepas asperjadas sin la formulación, proporcionaron mortalidades muy bajas, reforzando el hecho que es indispensable tener las cepas recubiertas con protectores solares que le permitan aumentar su actividad biocontroladora en campo.

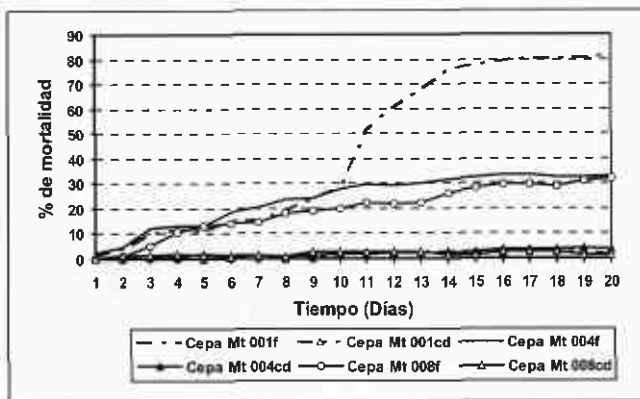


Figura 13. Actividad biocontroladora de las cepas, formuladas y no formuladas, sobre estadios ninfales iniciales de *R. schistocercoides*.

En general, se podría concluir que bajo condiciones controladas de campo, las cepas formuladas con protectores de luz ultravioleta presentaron, en forma significativa, mayor actividad biocontroladora que las cepas sin formular, demostrando además, que esta formulación no afectó la actividad entomopatogénica de *M. anisopliae*. Entre las tres cepas que se evaluaron, la cepa Mt 001 fue la más promisoría para el control de estadios ninfales de *R. schistocercoides*; siendo estos estados de desarrollo los blancos para ejercer un plan de manejo con el bioplaguicida.

4.5.2. Evaluación de *M. anisopliae* en condiciones de campo abierto

Una vez realizadas las evaluaciones de las cepas en condiciones controladas de campo, se realizaron las evaluaciones en campo abierto, haciendo aplicaciones directamente sobre las bandas ninfales de *R. schistocercoides* (Ebratt *et al* 1998). Se utilizó la cepa Mt 001 dado que mostró la mayor actividad biocontroladora sobre este estadio de la plaga en condiciones controladas de campo.

Con el propósito de estandarizar la metodología indicada para su aplicación en campo, se realizó un ensayo en donde se utilizaron dos tipos de bombas: una bomba de ultra bajo volumen (ULV) MICRON-ULVA, la cual posee una capacidad de 10 lt/ha; y una bomba convencional COLINAGRO, que posee una capacidad de 200 lt/ha.

También se evaluaron dos tipos de acceso al bando en el momento de aplicar el bioplaguicida. El Tipo A ,consistió en la aplicación perturbando el bando de saltones, para lo cual se realizaron una serie de recorridos en zig-zag y se aplicó el bioplaguicida, progresivamente, dentro del bando. Este tipo de aplicación fue recomendado por Steedmann (1988), citado por de Miranda *et al* (1996). El segundo tipo de aplicación (Tipo B) se hizo sin perturbar el bando, en ésta se aplicó realizando una línea recta a 2 m. del bando, aprovechando la conducta natural gregaria del insecto y la deriva producida por el viento, que permitiera esparcir el bioplaguicida sobre las langostas (Figura 14).

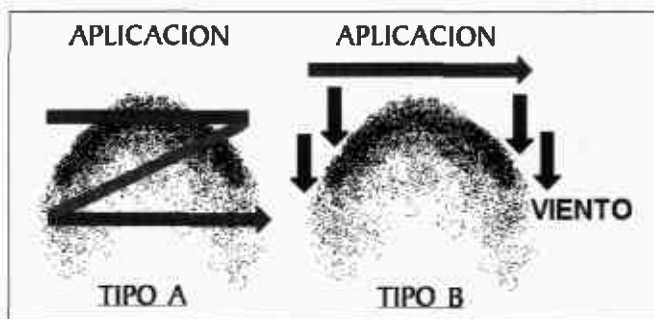


Figura 14. Tipos de acceso a los bandos de langostas en el momento de aplicar el bioplaguicida en campo abierto.

Después de las aplicaciones sobre los bandos de langostas, se tomaron muestras del material insectil de cada bando y se recluyeron en jaulas con el fin de realizar el seguimiento de la mortalidad ocasionada por los tratamientos evaluados; esta determinación se realizó siguiendo la metodología previamente establecida en las evaluaciones realizadas en condiciones controladas de campo.

Al evaluar, en condiciones de campo abierto, la mortalidad ocasionada por el bioplaguicida aplicado utilizando dos formas de acceso al bando (perturbándolo y sin perturbarlo) y utilizando dos bombas diferentes (bomba U.L.V y bomba convencional), los resultados mostraron diferencias significativas entre la actividad biocontroladora del bioplaguicida y la observada en el testigo absoluto, el cual mostró una mortalidad inferior al 10% para los diferentes sistemas de aplicación. De otra parte, se encontraron diferencias significativas cuando el bioinsecticida fue aplicado utilizando las dos formas de aproximación al bando.

El porcentaje de mortalidad acumulada causado por el bioplaguicida aplicado con bomba de U.L.V sin perturbar el bando alcanzó el 63.2%, mientras cuando éste fue aplicado con la bomba convencional y sin perturbar el bando de saltones el porcentaje de mortalidad fue de 51.2% (Figura 15).

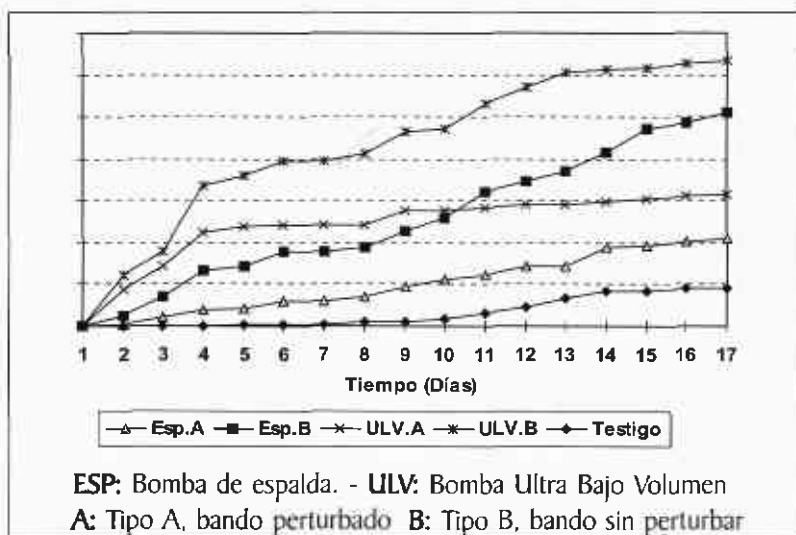


Figura 15. Efecto del bioplaguicida en campo sobre ninfas de *R. schistocercoides*, con diferente forma de aplicación y acceso al bando.

Cuando la forma de aproximación al bando fue perturbándolo, se obtuvieron mortalidades de 31.6% al aplicar el bioplaguicida con bomba U.L.V. y de 21% al aplicarlo con bomba convencional. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la aplicación del bioinsecticida sin perturbar el bando de langostas es la más adecuada para lograr un efecto biocontrolador eficiente del hongo *M. anisopliae*, utilizando cualquiera de los dos tipos de bombas.

4.5.3. Impacto ambiental

Las evaluaciones de impacto ambiental son estudios realizados para identificar, predecir e interpretar, así como para prevenir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones, planes, programas o proyectos pueden causar sobre la salud y bienestar del entorno. Son un instrumento o herramienta idónea para la toma de decisiones, ya que están basados en un conocimiento amplio e integrado de los impactos o incidencias ambientales (Galván 1982).

En la agricultura es necesario realizar estos estudios debido al agotamiento que han sufrido los recursos naturales, ya que permiten determinar la inocuidad de técnicas que garanticen la sostenibilidad del sistema. Dentro de estas técnicas se encuentra el control biológico de plagas, que se basa en el uso racional de organismos para mantener las poblaciones de la plaga por debajo de los niveles que causan daño económico (Andreas y Quezada 1989).

Requisitos para el registro de bioplaguicidas

Normalmente, los requerimientos para el registro de bioplaguicidas microbianos son organizados en cuatro áreas: análisis del producto, análisis de residualidad, toxicología y efectos ecotoxicológicos. Estos requerimientos en Estados Unidos son regulados por la "Environmental Protection Agency" (EPA) (Burges y Hussey 1971).

Para el caso de los bioplaguicidas se realizan estudios de ecotoxicidad aguda, subcrónica, crónica, carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis en los cuales se evalúan parasitoides, depredadores de la plaga y otras poblaciones en riesgo, que viven en el entorno de la misma (ANDI 1995).

Una de las razones más importantes que justifican el uso de entomopatógenos para el control de plagas, se basa en que estos son muy específicos en contraste con muchos insecticidas químicos que pueden ser perjudiciales para los insectos benéficos. La mayoría de pruebas de ecotoxicología reportadas para bioinsecticidas han sido llevadas a cabo

sobre insectos benéficos como abejas y gusanos de seda, entre otros (Bailey 1963, citado por Burges y Hussey 1971).

Sin embargo, en Colombia son pocos los estudios que determinan la compatibilidad de los hongos entomopatógenos con especies parasitoides y depredadoras introducidas para determinar su utilización en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos que se utilizan para evaluar la calidad ambiental, están representados por organismos vivos que por estar adaptados a los sitios que habitan, reflejan las características existentes y exigencias de sus "ambientes". El principio de los bioindicadores se basa en el hecho de que los organismos vivos para subsistir en un determinado medio, desarrollan sistemas de alerta y de respuesta a agresores externos, lo suficientemente efectivos que garanticen la subsistencia del individuo (Gast 1984).

En la altillanura colombiana se pueden encontrar organismos adaptados al medio, en altas densidades de población y de fácil localización, tales como la "hormiga arriera" *Atta laevigata* y la hormiga *Ectatomma ruidum*. Esta última, es depredadora de estados ninfales iniciales de la langosta llanera. En esta región también se encuentra la avispa *Prionyx thomae*, que reviste gran importancia como bioindicadora, debido a que es parasitoide de estadios ninfales finales y adultos de *R. schistocercoides*.

Una vez probada la eficiencia del bioplaguicida sobre la langosta, tanto en condiciones controladas de campo, como de campo abierto, se procedió a evaluar el efecto que podría tener éste sobre los bioindicadores descritos y de esta forma, cumplir un paso más en todo el proceso de desarrollo de un producto de esta naturaleza.

Impacto del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* sobre la hormiga *A. laevigata*

Se escogió a *A. laevigata* como bioindicadora debido a que esta especie juega un papel ecológico importante debido a que intervienen en la propagación de especies nativas de la región y en la estructuración de suelos en la altillanura (Etter y Botero 1990).

Este estudio se llevó a cabo en el C.I. Carimagua de Corpoica (Pto. Gaitán-Meta), en donde en condiciones de laboratorio y condiciones controladas de campo se diseñó un bioterio que consistió en dos recipientes plásticos unidos por una manguera; en éste se mantuvieron los individuos bioindicadores (Figura 16) (Cámen y Jiménez 1998).

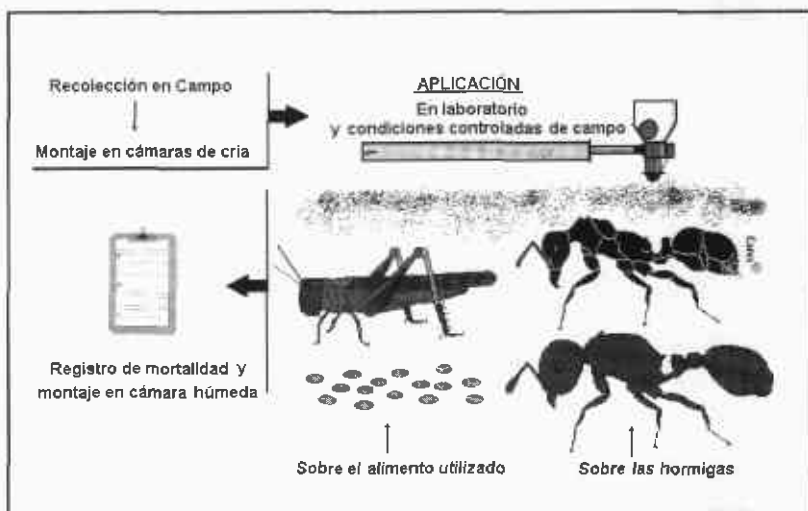


Figura 16. Metodología utilizada para determinar el efecto del bioplaguicida sobre los bioindicadores *A. laevigata* y *E. ruidum*.

A. laevigata se instaló en el bioterio suministrándole el material vegetal de mayor preferencia (*Tabebuia chrysantha*). Se realizaron aplicaciones del bioplaguicida mediante una bomba ULV (20 ml/m²) sobre las hormigas y sobre el alimento consumido por las dos especies bioindicadoras. Se determinó la mortalidad diaria y la repelencia al alimento tratado, producida en las hormigas por el hongo. En el material vegetal tratado con el bioplaguicida no se observó efecto de repelencia dado que el aprovechamiento de este material fue igual al de las hormigas testigo.

En condiciones controladas de campo, se hizo la aplicación directa sobre la hormiga *A. laevigata* y sobre el material vegetal que ella consume, sin ocasionar un impacto significativo sobre esta especie. Cuando se realizó la aplicación sobre las hormigas el porcentaje de mortalidad fue de 8.3% y de 6.7% cuando se asperjaron conidios formulados (bioplaguicida) y conidios desnudos, respectivamente. Cuando se aplicó el hongo sobre el material vegetal que consumieron, se presentaron porcentajes de mortalidad de 9.2% y 8.2% cuando se asperjaron conidios formulados (bioplaguicida) y conidios desnudos, respectivamente (Figuras 17 y 18).

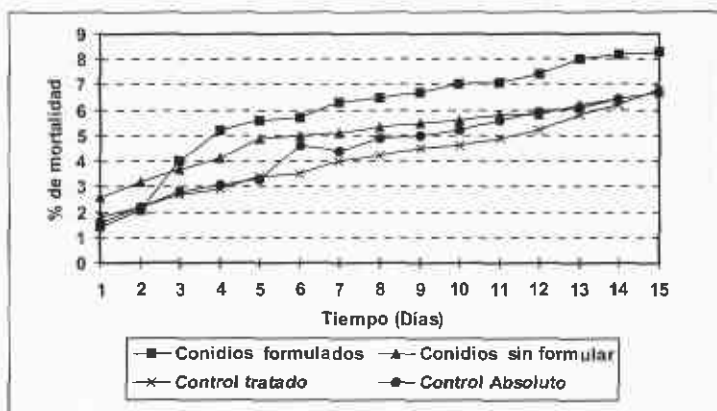


Figura 17. Efecto de *M. anisopliae* aplicado directamente sobre la hormiga *A. laevigata* en condiciones controladas de campo.

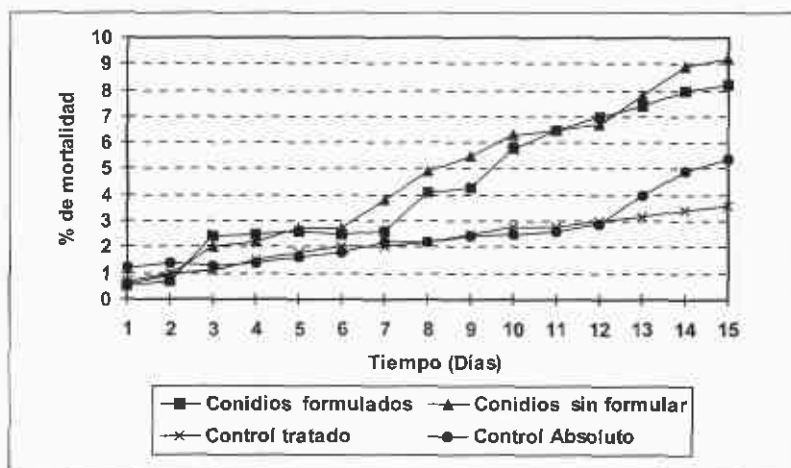


Figura 18. Efecto de la aspersión de *M. anisopliae* sobre el alimento a ser consumido por *A. laevigata* en condiciones controladas de campo.

Estos resultados permitieron concluir que las aplicaciones del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* realizados sobre los individuos y sobre el alimento que consumieron, no ocasionaron un impacto negativo en el normal funcionamiento de las colonias ni afectaron las poblaciones de *A. laevigata*.

Impacto del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* sobre la hormiga *E. ruidum*

Se escogió a *E. ruidum* como bioindicadora debido a que esta especie es depredadora de estados ninfales iniciales de *R. schistocercoides*. El estudio se llevó a cabo en el C.I. Carimagua de Corpoica (Pto. Gaitán- Meta). En condiciones controladas de campo, se diseñó un bioterio de las mismas características que el utilizado para *A. laevigata*. *E. ruidum* se instaló en el bioterio suministrándole como alimento *R. schistocercoides*.

La forma de aplicación del bioplaguicida y el registro de mortalidad se llevó a cabo como se describió en el ensayo anterior (Cámen y Jiménez 1998). Al igual que para *A. laevigata*, en la hormiga *E. ruidum* no se observó efecto de repelencia de las langostas tratadas, dado que el consumo del alimento fue normal.

Las aplicaciones en forma directa y sobre el alimento consumido, no ocasionaron efectos significativos sobre la hormiga *E. ruidum*, ya que en condiciones de laboratorio se obtuvieron porcentajes de mortalidad de 10.8% y 8.5% cuando se aplicaron conidios desnudos y conidios formulados (bioplaguicida), respectivamente.

Cuando se aplicó el hongo sobre las langostas que fueron consumidas por las hormigas se observó, el mismo comportamiento ya que el porcentaje promedio de mortalidad obtenido fue de 9.7% y 7.4% cuando se aplicaron conidios desnudos y conidios formulados (bioplaguicida), respectivamente.

Al aplicar el hongo sobre la hormiga *E. ruidum* en condiciones controladas de campo, se presentaron porcentajes de mortalidad de 14.1% cuando se aplicaron los conidios formulados y de 9.4% cuando se aplicaron los conidios desnudos (Figura 19). En la aplicación sobre las langostas consumidas por las hormigas, el porcentaje de mortalidad fue de 7.4% y de 9.7% cuando se asperjaron con conidios formulados (bioplaguicida) y con conidios desnudos, respectivamente (Figura 20).

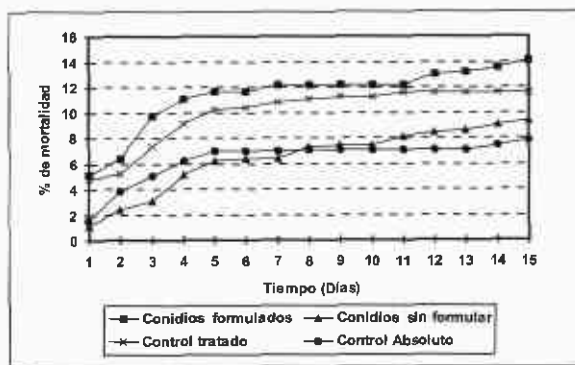


Figura 19. Efecto de la aplicación directa de *M. anisopliae* sobre la hormiga *E. ruidum* en condiciones controladas de campo.

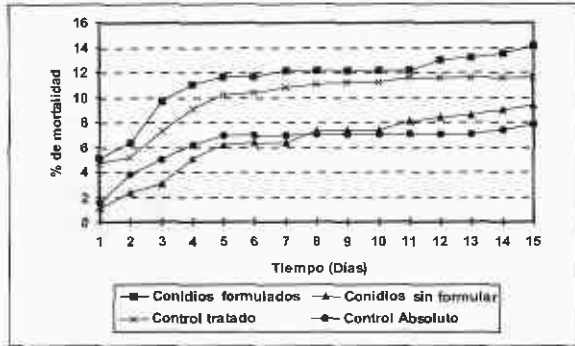


Figura 20. Efecto del consumo de langostas tratadas con *M. anisopliae* sobre *E. ruidum* bajo condiciones controladas de campo.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que, al igual que para *A. laevigata*, las aplicaciones del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* no ocasionaron un impacto negativo en el normal funcionamiento de las colonias ni afectaron las poblaciones de *E. ruidum*.

impacto del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* sobre *P. thomae*

Como ya se vio, *P. thomae* es parasitoide de estadios ninfales finales y de adultos de *R. schistocercoides*. Esta avispa se encuentra distribuida en las zonas arenosas del departamento de El Meta y El Vichada.

Debido a las características que tiene *P. thomae*, se evaluó el impacto del bioplaguicida cuando fue aplicado sobre las avispas y sobre las langostas que parasita este insecto (Espinell *et al* 1999) (Figura 21). El ensayo se realizó en el C.I. Carimagua, bajo condiciones controladas de campo con una temperatura de 33° C y una humedad relativa del 80%.

Primero se realizó una captura en campo de hembras de *P. thomae* y se llevaron a jaulas de madera con piso de arena. La aplicación del bioplaguicida sobre las avispas se realizó por medio de una bomba ULV (10 ml). Diariamente se incorporaron langostas a las jaulas con el propósito de evaluar el comportamiento de captura y parasitación de las avispas. También se registró la mortalidad diaria de las avispas, y con el propósito de hacer evidente la presencia del entomopatógeno se montaron las avispas en cámaras húmedas. Por último se realizó un muestreo destructivo de las jaulas.

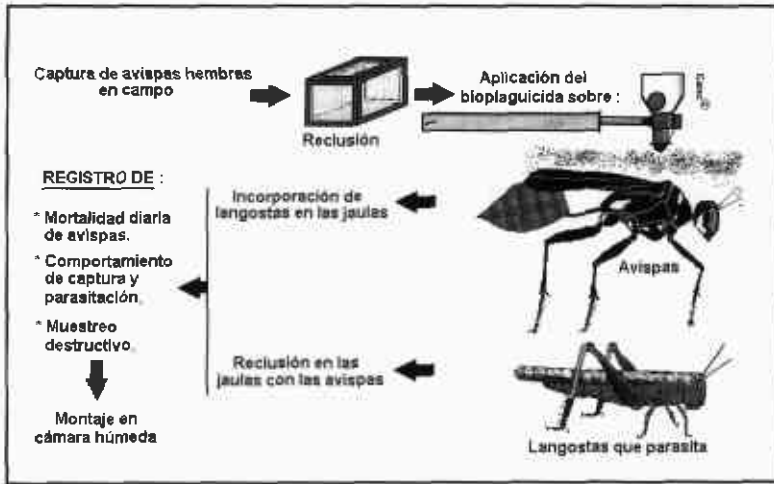


Figura 21. Metodología utilizada en los bioensayos para evaluar el efecto del bioplaguicida sobre *P. thomae*.

La aplicación del bioplaguicida sobre las langostas se realizó sumergiendo, diariamente, el dorso de cinco langostas en una suspensión del bioplaguicida. Cada grupo de cinco langostas se introdujo en las respectivas jaulas con las avispas. Los datos registrados fueron los mismos que para el ensayo anterior.

El porcentaje de mortalidad corregida de *P.thomae* cuando el bioplaguicida fue aplicado a los individuos, en forma directa, por medio de una bomba ULV fue de 33.3% mientras que la mortalidad al realizarse la aplicación sobre las langostas que parasitaron fue de 40% (Figura 22). El efecto de *M. anisopliae* se hizo evidente a partir del tercer o cuarto día de iniciado el ensayo.

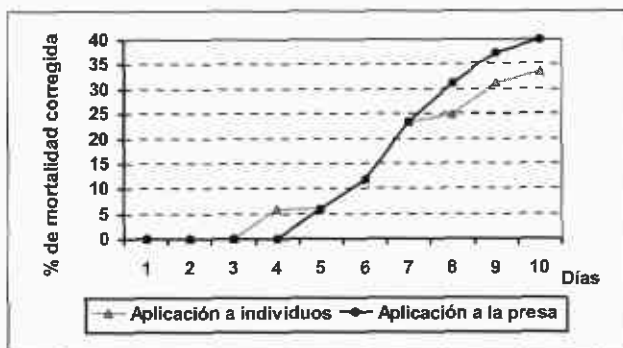


Figura 22. Efecto del bioplaguicida a base de *M. anisopliae* sobre la avispa parasitoide *P. thomae*.

Al segundo día de ser montadas, en cámara húmeda, las avispas muertas, se presentó esporulación típica de *M. anisopliae* en el 88% de las muestras. Las avispas muertas provenientes del testigo absoluto no presentaron esporulación.

Cabe mencionar que durante los ensayos las avispas fueron sometidas a una gran presión por parte del bioplaguicida, ya que en condiciones normales, la aplicación del bioplaguicida se hace en las horas de la tarde, tiempo en el cual las avispas están ausentes del campo. Además, las langostas nunca estarían cubiertas completamente, en el dorso, con el bioplaguicida, debido a que la aplicación se realiza con bombas ULV o convencionales.

Cuando el bioplaguicida fue aplicado sobre las avispas y sobre las langostas que parasitaron, el comportamiento de captura evidenciado en porcentaje de langostas enterradas, fue de 57.2% y 53.2%, respectivamente. Estos resultados fueron muy diferentes a los obtenidos con las avispas testigo, ya que capturaron un 73.6% de las langostas (Figura 23).

A pesar de encontrarse esta diferencia entre los tratamientos y el testigo, en general todas las avispas presentaron un comportamiento de captura constante durante todo el ensayo, ya que capturaron en promedio de dos a tres langostas diarias. Un aspecto importante fue que no se observó repelencia de las langostas contaminadas con el bioplaguicida por parte de las avispas, ya que se presentaron porcentajes de captura satisfactorios.

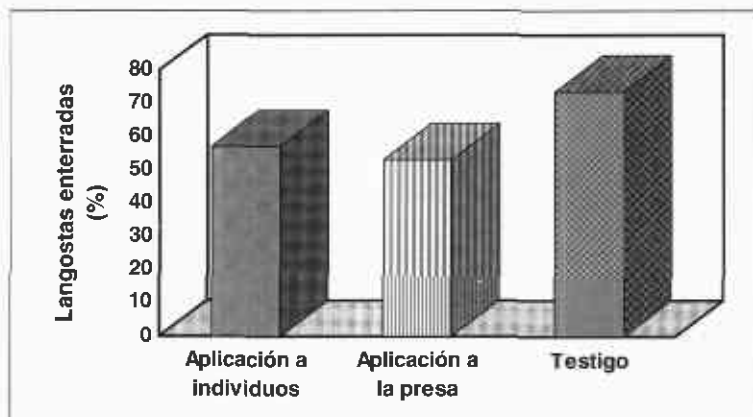


Figura 23. Comportamiento de captura de las langostas por parte de *P. thomae*, una vez aplicado el bioplaguicida.

El comportamiento de parasitación de las langostas evidenciado por el porcentaje de

avispa nueva emergida, fue de 43% cuando se realizó la aplicación directa a las avispas; de 35.6 % cuando se aplicó el bioplaguicida sobre las langostas y de 61% en el testigo absoluto (Figura 24).

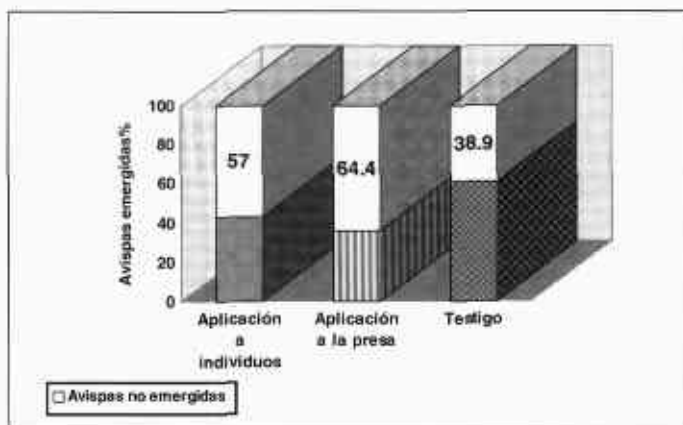


Figura 24. Comportamiento de parasitación de las langostas por parte de *P. thomae*, después de la aplicación del bioplaguicida.

El porcentaje de avispas no emergidas podría deberse a algún efecto directo o indirecto del hongo sobre el comportamiento de postura de la avispa. Para corroborar esto, se realizó un muestreo destructivo al final del ensayo, en el cual se encontraron langostas enterradas sin ningún signo de parasitación (larvas adheridas), ni de infección por *M. anisopliae* (esporulación). Tampoco hubo evidencia de larvas del parasitoide esporuladas con el hongo, ni en los tratamientos ni en el testigo.

Lo anterior indicaría que otros factores ajenos a la acción del bioplaguicida pudieron afectar el comportamiento de postura, tales como el derrumbe de las fosas, la perturbación en el momento de la parasitación por parte de otra avispa, debido al comportamiento territorial de esta especie, o a la edad de las avispas, que pudieron incidir en la viabilidad de los huevos.

Se pudo concluir que a pesar de los porcentajes de mortalidad encontrados en las avispas, el impacto del bioplaguicida sobre *P. thomae* fue moderado, debido a que a pesar de estar infectadas, cada una tendría la posibilidad de parasitar, potencialmente, de 8 a 12 langostas antes de morir por el efecto del hongo, hecho que sucede entre el tercer y el cuarto día. En pocas palabras, por una avispa muerta, habrían mínimo de 8 a 12 avispas nuevas potenciales. Además, el bioplaguicida no ocasionó repelencia sobre éstas.

MARCADORES DE VIRULENCIA

5



Conidios de *Metarhizium anisopliae*.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE CINTURÓN

5. MARCADORES DE VIRULENCIA¹

Como se vio anteriormente el bioplaguicida a base de *M. anisopliae* ha demostrado su eficiencia, en condiciones de campo, alcanzando niveles hasta del 70% en control de la plaga. Debido a que las tecnologías de producción masiva de *M. anisopliae*, utilizadas por Corpoica, requieren de mucho espacio y de un tiempo de incubación prolongado, fue necesario buscar alternativas de multiplicación que además, de reducir el espacio y el tiempo, permitieran producir conidios con una actividad biocontroladora alta, disminuyendo así los tiempos y las dosis letales.

Varios estudios de nivel mundial han demostrado el efecto que las condiciones de cultivo tienen sobre la virulencia de los conidios de los hongos entomopatógenos (Lane y Trinci 1991). Se ha reportado que varios componentes cuticulares de insectos al ser incorporados al medio de cultivo, producen un aumento considerable de la virulencia de los conidios de estos microorganismos (Bidocha y Khachatourians 1992). Este incremento de la actividad biológica posiblemente se debe a la activación por parte del sustrato de sistemas enzimáticos en los hongos, los cuales son determinantes en su actividad biocontroladora sobre el insecto, de ahí la necesidad de buscar inductores de virulencia que además permitan conocer mejor el mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.

Con el fin de mejorar la actividad biocontroladora del hongo entomopatógeno se procedió a buscar nuevas opciones biológicas y tecnológicas para aumentar la actividad biocontroladora de *M. anisopliae* sobre la langosta llanera. Para ésto, se evaluó la eficiencia de *M. anisopliae* cultivado en presencia de potenciales inductores de virulencia como: Quitina coloidal, micelio muerto del hongo *Rhizoctonia solani*, micelio muerto del hongo *Aspergillus niger*, salvado de trigo comercial y un homogeneizado de alas y patas de la langosta llanera *R. schistocercoides* (Villamizar 1998).

El ensayo se realizó en un cuarto de incubación ubicado en el laboratorio de control biológico de Corpoica en su sede C.I. Tibaitatá (temperatura 30°C; humedad relativa 60%). Las cepas de *M. anisopliae* utilizadas en el estudio fueron la Mt 004, que mostró la mayor actividad biocontroladora frente a la plaga (Espinel 1997), y la cepa Mt 006, que presentó un control deficiente de la langosta llanera (Zamora 1996) (Figura 25).

¹Laura Fernanda Villamizar Q.E.M. Sc.; Alba Marina Cotes Ph.D.; Daniel Uribe M.Sc.

Una vez multiplicados los conidios de *M. anisopliae* en los dos tipos de medio de cultivo, se realizó la separación y el secado de éstos con el fin de evaluar su actividad biocontroladora sobre *R. schistocercoides*. Este bioensayo se llevó a cabo mediante la aplicación tópica de una suspensión de los conidios a langostas recluidas en jaulas de madera, en donde se registró diariamente la mortalidad de los insectos y fueron llevados a cámaras húmedas con el propósito de evidenciar la esporulación típica del entomopatógeno.

Los conidios de *M. anisopliae* provenientes de los medios que contenían los diferentes potenciales inductores de virulencia también fueron utilizados para evaluar la actividad enzimática del hongo.

Los porcentajes de mortalidad acumulada obtenida en los insectos estuvieron relacionados con el tipo de inductor adicionado al medio de cultivo. Los conidios cultivados en presencia de homogeneizado de alas y patas de las langostas y salvado de trigo produjeron sobre langostas adultas los mayores porcentajes de mortalidad y los menores tiempos letales bajo condiciones de laboratorio, indicando que estos sustratos tienen un efecto inductor de la virulencia del hongo.

El aumento de la actividad biocontroladora encontrada cuando el hongo se cultivó en presencia de alas y patas de langosta se relacionó con el aumento en la virulencia reportada, en otros trabajos, con *Beauveria bassiana* por Bidocha *et al* (1992), al cultivar el hongo en presencia de componentes cuticulares de su hospedero *Melanoplus sanguinipes*. De otra parte, se ha demostrado que los pases continuos de un hongo por medios de cultivo o por insectos no hospederos, producen una disminución o pérdida total de la virulencia contra el insecto hospedero (Schaerffenberg 1964).

La pérdida de virulencia en el hongo ha sido relacionada por algunos investigadores con la disminución de la actividad enzimática de los conidios, ya que las enzimas son expresadas en menor cantidad a medida que el microorganismo es cultivado en ausencia de sustratos para éstas, que generalmente están presentes en el insecto hospedero.

Si se tiene en cuenta que las alas y las patas de la langosta están compuestas principalmente por quitina, ceras y proteínas, se podría sugerir que este sustrato estimula la producción de enzimas por parte de los conidios, las cuales son capaces de degradar dichos compuestos. También se sugiere que estos conidios cuya actividad enzimática ha sido inducida, tendrían más actividad patogénica contra las langostas.

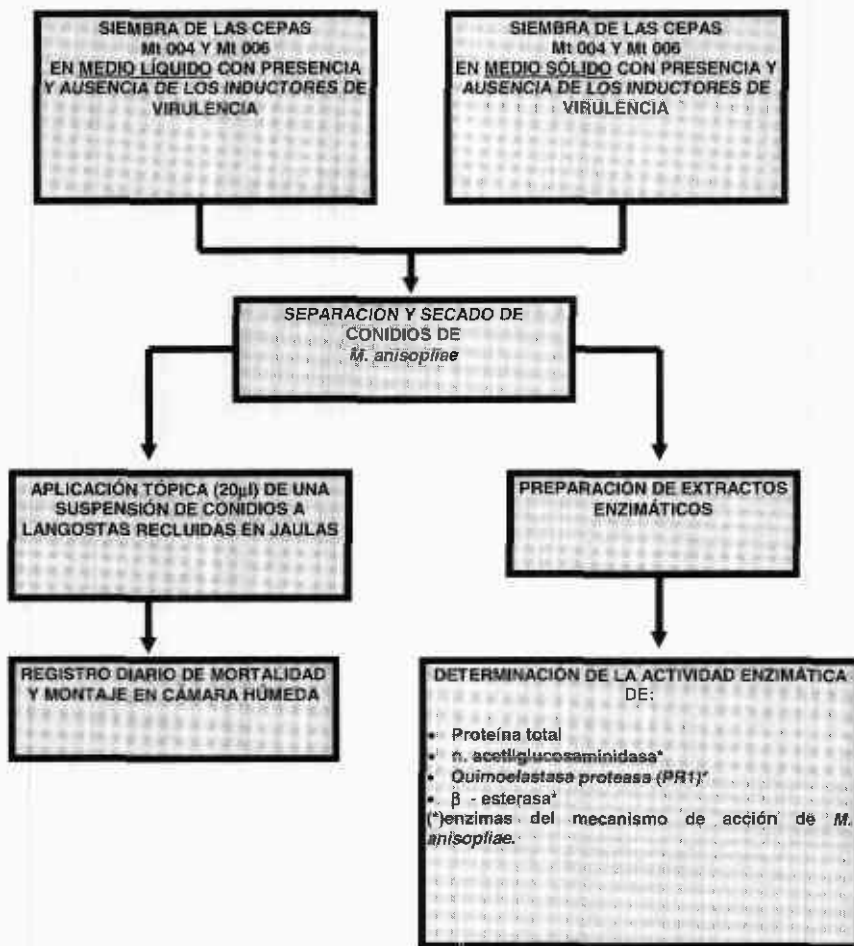


Figura 25. Metodología utilizada en los ensayos para evaluar el efecto de la composición del medio de cultivo en la virulencia de *M. anisopliae* sobre la langosta llanera.

De otra parte, el salvado de trigo se ha reportado como un inductor de enzimas tales como glucanasas y quitinasas (Thonart *et al* 1991). Teniendo en cuenta que la producción de estas enzimas puede ser concomitante con la producción de otras que se encuentran en la membrana celular, se podría pensar que en presencia de salvado, además de las mencionadas enzimas, se podrían haber producido otras que tienen actividad contra el insecto.

Al comparar la actividad biocontroladora de los conidios multiplicados en medios líquidos y medios sólidos, se observó que cuando el sustrato de crecimiento del hongo fue

arroz, la mortalidad observada en las langostas fue inferior a la obtenida cuando éste fue cultivado en medios líquidos. Los conidios fueron más virulentos cuando el microorganismo fue cultivado en medio líquido. Esto podría ser debido a la distribución homogénea del sustrato inductor en el medio líquido, lo que permitiría un mejor aprovechamiento del mismo por parte del hongo entomopatógeno; en el medio sólido el potencial inductor no queda bien distribuido, si se tiene en cuenta que la cantidad usada fue baja (0.40%), lo cual permitiría que sólo algunos conidios puedan utilizarlo.

En los cultivos líquidos, los suplementos ejercen un efecto inductor en la virulencia de los conidios debido a que los constituyentes de estos sirven de sustrato a diferentes enzimas encargadas de la actividad biocontroladora. De tal forma que al encontrarse presentes en el medio, inducen la producción de dichas enzimas. Lo contrario sucede cuando el medio de cultivo está constituido únicamente por arroz, sustrato cuya composición básica es almidón, se estimula la producción de enzimas capaces de degradarlo, lo que a su vez podría reprimir la síntesis de las enzimas determinantes en la actividad entomopatógena, obteniéndose así bajos porcentajes de mortalidad y tiempos letales superiores a los alcanzados con los cultivos líquidos suplementados.

La actividad enzimática de las tres principales enzimas involucradas en el mecanismo de infección del hongo fue evaluada en los conidios provenientes de cultivo en medios líquidos y sólidos, en presencia y ausencia de los potenciales inductores de virulencia.

La actividad esterasa para la cepa Mt 004 crecida en medio líquido suplementado con salvado de trigo fue de 860.47 micromoles de p-nitrofenol (PNP)/mg de conidios, mientras que en presencia de alas y patas de langosta fue de 821.13 micromoles de PNP/mg de conidios y en presencia de quitina coloidal fue de 616.25 micromoles de PNP/mg de conidios. Los tres tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí, indicando que cada suplemento tiene diferente efecto inductor de la enzima, siendo el salvado de trigo el inductor más potente de la actividad esterasa (Figura 26). De otra parte, la actividad esterasa de la cepa Mt 006 fue de 876.82 y de 894.97 micromoles de PNP/mg de conidios cuando los cultivos líquidos fueron suplementados con alas y patas de langosta y en salvado de trigo, no se detectaron diferencias significativas entre los dos tratamientos.

En los extractos de los conidios de la cepa Mt 004 provenientes del cultivo líquido, se detectaron actividades enzimáticas de 134.29 micromoles de PNP/mg de conidios, 159.63 micromoles de PNP/mg de conidios y 117.36 micromoles de PNP/mg de conidios, cuando el medio de cultivo se suplementó con alas y patas de langostas, con salvado de trigo y con quitina coloidal, respectivamente. La mayor actividad N-acetilglucosaminidasa fue detectada para los extractos de conidios de la cepa Mt004 provenientes del cultivo líquido en presencia de salvado de trigo, siendo diferentes del resto, en forma significativa (Figura 27).

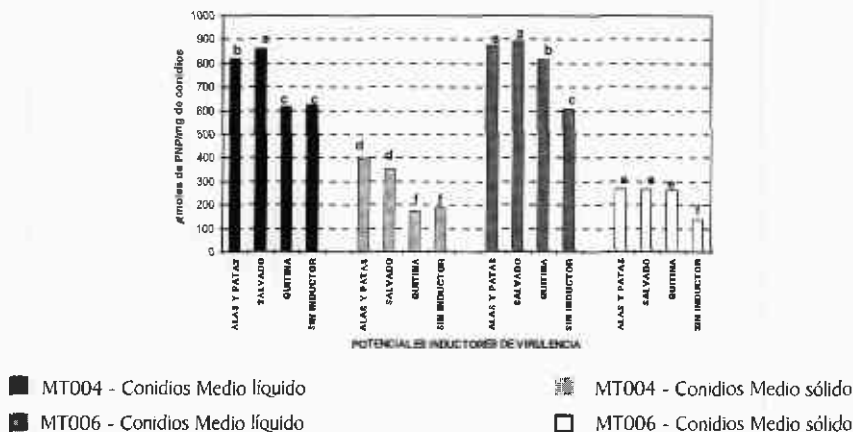


Figura 26. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre la actividad esterasa en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.

La mayor actividad de la quimoelatsa proteasa PR I en extractos de conidios, fue obtenida cuando la cepa Mt004 fue cultivada en medio líquido suplementado con alas y patas de langosta, siendo este resultado, en forma significativa, diferente a todos los demás. Esta actividad correspondió a 0.16 micromoles de p-nitroanilina (PNA)/mg de conidios, y fue seguida por la obtenida cuando el hongo se cultivó en presencia de salvado, siendo ésta de 0.13 micromoles de PNA/mg de conidios (Figura 28).

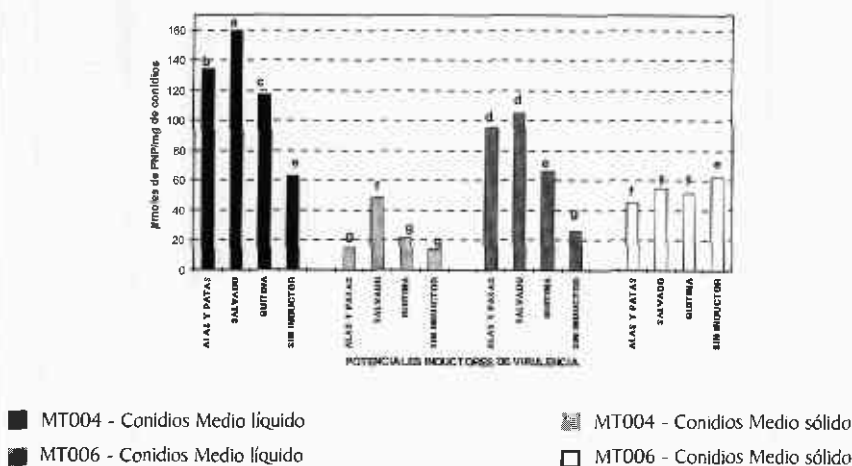


Figura 27. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre actividad N-acetilglucosaminidasa detectada en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.

Para todos los casos se observó que la mayor actividad enzimática se presentó cuando los cultivos fueron hechos en medio líquido en contraste con los cultivos hechos en medio sólido. Igualmente, se presentó mayor actividad enzimática en los cultivos del hongo crecido en medios suplementados con homogeneización de alas y patas de langosta y salvado de trigo.

En general se pudo concluir que se detectó una relación entre la composición del medio de cultivo y la virulencia del inóculo producido, además se concluyó que cuando los potenciales inductores de virulencia se cultivaron en medio líquido causaron un aumento en la actividad biocontroladora de *M. anisopliae*. También, se escogieron el homogeneizado de alas y patas de langosta y el salvado de trigo como los mejores inductores de virulencia.

Queda abierta la posibilidad de realizar un proceso de optimización y escalamiento industrial de *M. anisopliae* en medios de cultivos líquidos, así como evaluar en campo la actividad biocontroladora de los conidios multiplicados en presencia de los mejores inductores de virulencia en estos medios.

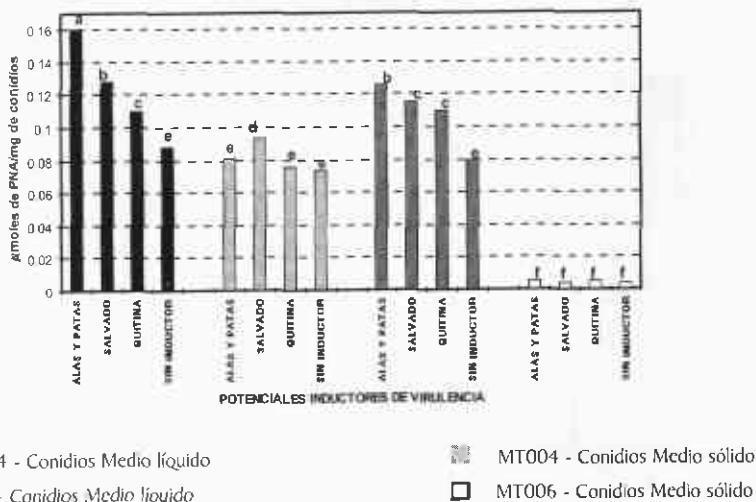


Figura 28. Efecto de los potenciales inductores de virulencia sobre actividad enzimática de la quimoelastasa proteasa Pr1 en los extractos de conidios de *M. anisopliae*.

PERSPECTIVAS

PERSPECTIVAS

Teniendo en cuenta las experiencias exitosas que en el Africa, Brasil y Colombia se han presentado en relación con el control biológico de las langostas, mediante la utilización del hongo *Metarhizium* spp., se puede asumir que esta estrategia se debería implementar con un mayor cubrimiento, con el propósito de sustituir los agroquímicos.

Sin embargo, si se considera la complejidad de la plaga y de los ecosistemas que habita, se puede asumir que una sola estrategia de control no sería sostenible en el tiempo, por lo cual se hace necesario desarrollar otros componentes que puedan actuar de manera compatible con la utilización de bioplaguicidas, dentro de un programa de manejo integrado.

Entre estos componentes, se deberán enfocar esfuerzos hacia la búsqueda de sustancias hormonales capaces de prevenir la gregarización del insecto, así como la búsqueda de sustancias repelentes que no les permita a los insectos aproximarse a las zonas tratadas. También se deberán desarrollar trampas de captura que contengan factores atrayentes específicos para esta langosta.

Otra estrategia podría consistir en el desarrollo de otros bioplaguicidas que se puedan utilizar en forma combinada con el desarrollado en el presente estudio, o en forma secuencial con respecto a éste; tal es el caso del protozoario *Nosema locustae*, de virus, de bacterias y hongos.

Es necesario tener en cuenta, que tanto el bioplaguicida desarrollado a base de *Metarhizium* sp., como los nuevos productos propuestos en este capítulo para el control de la langosta llanera, tendrán que ser producidos a escala industrial y deberán tener precios competitivos. Por lo tanto, se requiere de un esfuerzo estatal o privado que permita poner en manos de los usuarios los productos desarrollados.

Basados en los datos de biología y comportamiento de la plaga, obtenidos tanto en Brasil como en Colombia, así como en datos meteorológicos que se deberían tomar a través del tiempo, se podría obtener un modelo matemático de predicción de la ocurrencia del insecto, con el propósito de prevenir su aumento poblacional e invasión hacia las fronteras agrícolas y pecuarias.

Además, es necesario continuar con el seguimiento de la plaga mediante monitoreos permanentes en la región, con el propósito de determinar los momentos de su siguiente invasión con el fin de realizar un control oportuno.

De otra parte, la realización de campañas informativas de manera masiva, sobre la biología, el comportamiento y las estrategias de control de la plaga, así como del riesgo que su control inadecuado o ausente tiene sobre la producción económica, permitiría que ganaderos y agricultores dispongan de todas las herramientas que los motive a tomar la decisión de manejar la plaga.

A su vez, en el futuro inmediato se requiere de una amplia difusión a investigadores, docentes y público en general, de los conocimientos adquiridos sobre la plaga en los diferentes países, para lo cual, la creación de una página en internet constituiría una herramienta económica y ágil para la transmisión de los resultados obtenidos.

Para realizar un intercambio de experiencias entre las personas que trabajan con langostas, se recomienda conformar una red, en la región, que involucre la participación activa de los grupos de Colombia, Brasil, Costa Rica, Venezuela y Perú, entre otros, para que diseñen estrategias conjuntas de manejo y definan las prioridades de investigación y transferencia de tecnología.

Adicional a la constitución de esta red, se requiere de un esfuerzo de los estados involucrados, para que se maneje de manera decidida y coordinada esta problemática. Dicho esfuerzo implicaría el trabajo coordinado entre los países afectados y la asignación de recursos económicos para el monitoreo de la plaga, su control biológico y para el desarrollo de nuevas alternativas que respondan a las necesidades de investigación priorizadas.

De otra parte, sería necesario establecer estímulos fiscales para quienes promuevan o realicen un control sostenible de la plaga. En las escuelas, colegios y universidades ubicadas en zonas de influencia del insecto, se debería incorporar, de manera permanente, en el currículum académico, una capacitación sobre su reconocimiento y control; aunque en un momento dado no represente problema, no quiere decir que en otra época, si lo sea, de acuerdo con su incremento poblacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Consultadas

ALVAREZ, A.; LASCANO, C.E. 1987. Valor nutritivo de la sabana bien drenada de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales - Boletín. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. v.9, N° 3. 17 p.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES. 1995. Investigación - desarrollo y registro de un plaguicida. *En*: Seminario -Taller sobre uso seguro y eficaz de plaguicidas. Tunja.

ANDREUS, L. QUESADA, J. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Mac. Graw Hill. Tegucigalpa. Cap. 12, p. 350-378.

AVILA, C. y UMAÑA, M. 1988. Aspectos de la biología y patogenicidad del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, sobre *Aeneolamia varia* (F). Revista ICA. v.23. p. 155-161.

BARRIENTOS, L. 1992. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, 1870) y otros acridoideos de Centro América y Sureste de México. El Salvador. FAO. 162 p.

BATEMAN, R. 1993. Physical properties and atomisation of ULV formulations of Myco-insecticides. Proc. IOBC/WPRS Meeting, Zurich.

BATEMAN, R.; BATT, D.; CAREY, M.; DOURO-KPINDOU, O. 1993. Progress with the development of *Metarhizium flavoviridae* for control of locusts and grasshoppers. Proc. IOBC/WPRS Meeting, Zurich.

BATEMAN, R.; CAREY, M.; MOORE, D. and PRIOR, C. 1993. The enhanced infectivity of *Metarhizium flavoviridae* in oil formulations to desert locusts at low humidities. Annals of applied biology. 122, p.145-152.

BIDOCHA, M.; KHACHATOURIANS, G. 1992. Growth of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on cuticular components from the migratory grasshopper, *Melanomus sanguinipes*. Journal of Invertebrate Pathology, v. 59, p. 165-173.

BRIDGE, O.; WILLIAMS, M.; PRIOR, C. and PATERSON, R. 1993. Morphological, biochemical and molecular characteristics of *Metarhizium anisopliae* and *Metarhizium flavoviridae*. Journal of General Microbiology. 139, 1163-1169.

BURGES, H.D.; HUSSEY, N.W. 1971. Microbial control of insects and mites. Academic Press. p. 860.

CEPEDA, O. 1998. La avifauna llanera como control natural. Proyecto: Prevención del establecimiento definitivo de la langosta brasilera *Rhammatocerus schistocercoides*. Convenio I.C.A. - Corpoica. Informe final.

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA. 1996. Notas y Noticias: Boletín del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. V.2, No. 6 (abril-junio. 1966). Corpoica. Santafé de Bogotá.

CHAUVIN, R. 1967. El mundo de los insectos. Ed. Guadarrama, Madrid. 251 p.

DE MIRANDA, E.; LECOQ, M.; PIEROZZI J., I.; DURANTON, J. and BATISTELLA, M. 1996. O gafanhoto do Mato Grosso: Balanço e perspectivas de 4 anos de pesquisas 1992-1996. Campinas, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 125 p.

ETTER, A. BOTERO, P. 1990. La actividad edáfica de hormigas *Atta laevigata* y su relación con la dinámica sabana-bosque en los Llanos Orientales de Colombia. Revista Colombia Amazónica.V 4, (2) p. 77-95.

FERRÓN, P. 1978. Biological control of insects pests by entomogeneous fungi. Annual review of Entomology. V.23, p. 410-412.

GALVÁN, G. 1982. Evaluaciones de impacto ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana. p. 40-48.

GAST, F. 1984. Bioindicadores para el control ambiental. Planeación y desarrollo ecológico ISA. p. 25-35.

GUAGLIUMI, P. 1958. Una nueva langosta que está invadiendo las sabanas de Apure. Agronomía Tropical. Venezuela. v.8, p. 29-30.

HUMPHEREYS, A.; MATEWELE, P.; TRINCI, P. 1989. Effects of water activity on morphology, growth and blastopore production of *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces farinosus* in batch and feed-batch culture. Mycological Research. V. 92, p. 257-264.

JOSHI, L.; SEYOUN, E.; SAMUELS, R.; MOORE, D. and CHARNLEY, A. 1993. Trehalases produced by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and their potential role in parasitism. PROC. IOBC/WPRS Meeting, Zurich.

KREBS, Ch. 1985. Ecología. Industria Editorial Mexicana Harla S.A. 753 p.

LACHAUD, J.P. 1990. Foraging activity and diet in some neotropical ponerine ants. 1. *Ectatomma ruidum* Roger (hymenoptera:formicidae). Folia Entomológica Mexicana. N° 78: 241-256.

LANE, B.; TRINCI, A. 1991. Influence of cultural conditions on the virulence of conidia and blastopores of *Beauveria bassiana* to the green leafhopper, *Nephotettix virescens*. Mycol. Res. Gran Bretaña, v. 95 (7), p. 829-833.

LAUNOIS-LUONG, M. and LECOQ, M. 1996. Sexual maturation and ovarian activity in *Rhammatocerus schistocercoides* (Orthoptera: Acrididae), a pest grasshopper in the state of Mato Grosso in Brazil. Environmental Entomology, 25, 111-117.

LECOQ, M.; ASSIS-PUJOL, C. 1998. Identity of *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) forms south and north of the Amazonian Rain Forest and new hypotheses on the outbreaks determinism and dynamics. Transactions of the American Entomological Society 124 (1): 13-23.

LEZAMA, R. 1994. Patogenicidad de hongos parásitos de insectos. 1^{er} Sem. Pat.: FCBA. U de C., Tecomán, Colima., p. 47-69.

LOPEZ, M y RIJO, E. 1994. Manual de control biológico de enfermedades y plagas en cultivos. Pontificia Universidad Javeriana, cap.1, 4.

LYSENKO, O. and KUCERA, M. 1973. Micro-organisms as sources of new insecticidal chemicals: Toxins. En: BURGUES, H. and HUSSEY, N. Microbial control of insects and mites. 2 ed. London: Academic Press., p. 218-222.

MAGALHAES, B.; FARIA, M. and GUERRA, W. 1996. Desenvolvimento de bioinsecticidas para controle de gafanhotos no Brasil. *En.* Reunión técnica regional sobre biología y control de la langosta *Rhammatocerus schistocercoides*. Documentos presentados. Cuiabá, Brasil, tema 10. 11p.

MILNER, R.; HARTLEY, T.; LUTTON, G. and PRIOR C. 1994. Control of *Phaulacridium vittatum* (Sjostedt)(Orthoptera: Acrididae) in field cages using an oil-based spray of *Metarhizium flavoviridae* Gams and Rozsypal (Deuteromycetina: Hyphomycetes). *J. Aust. Ent. Soc.* 33: 165-167.

MILNER, R. and PRIOR, C. 1994. Susceptibility of the Australian Plague Locust, *Chortoicetes terminifera*, and the wingless grasshopper, *Phaulacridium vittatum*, to the fungi *Metarhizium* spp. *Biological Control.* 4, 132-137.

MOLINA, L.C. 1995. La edad de la langosta. La plaga bíblica no ha desaparecido de Colombia. *Revista Credencial Historia.* 63 edición. Santafé de Bogotá, p. 9-12.

MOORE, D.; BRIDGE, P.; HIGGINS, P.; BATEMAN, R. and PRIOR, C. 1993. Ultra-violet radiation damage to *Metarhizium flavoviridae* conidia and the protection given by vegetable and mineral oils and chemical sunscreens. *Ann. appl. Biol.* 122, p. 605-616.

MOORE, D.; MARLEY-DAVIES, J. 1994. The effect of temperatures and ultraviolet radiation on *Metarhizium flavoviridae* conidia. Brighton Crops Protection Conference. Pest and Diseases. IIBC. p. 1085-1090.

MOORE, D.; REED, M.; LE PATOUREL, G.; ABRAHAM, Y. 1992. Reduction in feeding by the desert locust *Schistocerca gregaria*, after infection with *Metarhizium flavoviridae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, V 60. p. 304-307.

PRIOR, C. 1993. Los bioplaguicidas contras las langostas. *Mundo Científico.* V 13, N° 134, p. 369-371.

PRIOR, C. 1995. Advances in mycopesticide formulation and application. *En.* CSC Dominia meeting, 7p.

PRUJECT. 1994. Promutin the profession of project management. The magazine of the Association of project management. V6, N° 6. p. 13-16.

RIBA, G.; GLANDARD, A. 1980. Mise au point d'un milieu nutritif pour la culture profonde du champignon entomopathogène *Nomuraea rileyi*. Entomophaga, V 25, p. 317-322.

RIPPSTEIN, G. 1994. Savanna Ecology. In: Annual Report - Tropical Pastures Program 1987 - 1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, 249 p.

ROBERTS, D. and YENDOL, W. 1973. Use of fungi for microbial control of insects. En: BURGUES, H. and HUSSEY, N. Microbial control of insects and mites. 2 ed. London: Academic Press, p. 129-135.

SCHAERFFENBERG, B. 1964. Biological and environmental conditions for the development of mycoses caused *Beauveria* y *Metarhizium*. Journal of Invertebrate Pathology, V 6, p. 8-20.

SERNA - IZASA, R.A.; RIPPSTEIN, G.; GROLLIER, C.; MESA, E. 1996. Biodiversidad de la vegetación de sabana nativa en altillanura plana y serranía en los Llanos Orientales de Colombia. En: Taller Regional "Agrociencia y Tecnología. Siglo XXI. Orinoquía Colombiana". Villavicencio, Colombia. Noviembre 13-15 de 1996. 31p.

SEYOUM, E.; MOORE, D. and CHARNLEY, K. 1994. Reduction in flight activity and food consumption by the desert locust, *Schistocerca gregaria* Forskal (Orth. Cyranthacrinae) after infection with *Metarhizium flavoviridae*. Journal Applied Entomology. No. 118. p.310-315.

ST. LEGER, R.; GOETTEL, M.; ROBERTS, D. and STAPLES, R. 1991. Prepenetration events during infection of host cuticle by *Metarhizium anisopliae*. Journal of invertebrate pathology. 58, 168-179.

THONART; COTES, A.; CAMPOS, D.; ROBLAIN, D.; LEPOIVRE, P. 1991. "Modelling of uses of microorganism in the degradation of natural polymers", Production and utilization of lignocellulosics. De. G.C. Galletti, Geambloux, Belgium. p. 79-89.

UVAROV, B. 1966. Grasshoppers and locusts: a hand book of general acridology. Great Britain. Cambridge University Press., V.1, p. 334-353, 381.

Documentos producidos por el proyecto

CÁMEN, A.; JIMÉNEZ, Y. 1998. Evaluación del impacto ambiental de un bioplaguicida a base de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikov) sobre los organismos bioindicadores *Atta laevigata* y *Ectatomma ruidum* presentes en Carimagua (Meta). Trabajo de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.

CORTES, M. 1996. Contribución al conocimiento de la biología de la langosta brasilera *R. schistocercoides* Rehn y a la búsqueda de alternativas para su control. Trabajo de grado. Biología. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá.

EBRATT, E.; GÓMEZ, M.; COTES, A. 1998. Estandarización de metodologías para evaluar en campo un bioplaguicida a base de *Metarhizium anisopliae* para el control de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides* (orthoptera:acrididae). *En: Resúmenes del XXV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología - Socolen. Cali. p. 3.*

EBRATT, E.; ESPINEL, C.; ALBARRACÍN, J.; COTES, A. 1998. Observaciones sobre la hormiga *Ectatomma ruidum* Roger (hymenoptera: formicidae) control natural de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn (orthoptera: acrididae) en los Llanos Orientales de Colombia. *En: Resúmenes del XXV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología - Socolen. Cali. p.69.*

EBRATT, E.; ESPINEL, C.; COTES, A. 1998. Observaciones sobre el comportamiento, biología y ecología de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn) en la altillanura colombiana. *Revista Colombiana de Entomología. V 24 N° 3-4, p. 1-7. Santafé de Bogotá.*

EBRATT, E.; ESPINEL, C.; COTES, A. 1999. Contribución al estudio de la teoría de fases en la especie *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn (orthoptera:acridiade) en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología. En prensa. Santafé de Bogotá.*

ESPINEL, C. 1997. Evaluación en laboratorio y campo de cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikov) para el control de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn). Trabajo de Grado. Biología. Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá.

ESPINEL, C.; EBRATT, E.; COTES, A. 1998. Evaluación de cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Rhammatocerus schistocercoides* (Orthoptera: acrididae). Revista Colombiana de Entomología v. 24. N° 1-2, p1-6. Santafé de Bogotá.

ESPINEL, C.; EBRATT, E.; COTES, A. 1999. Contribución al estudio sobre el comportamiento y ciclo de vida de *Prionyx thomae* (hymenoptera: sphecidae) parasitoide de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides* (orthoptera:acrididae). Revista Colombiana de Entomología. En prensa. Santafé de Bogotá.

ESPINEL, C.; GÓMEZ, M.; COTES, A. 1999. Impacto de un bioplaguicida a base de *Metarhizium anisopliae* sobre *Prionyx thomae* (hymenoptera:sphecidae) parasitoide de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides*. Revista Colombiana de Entomología. En prensa. Santafé de Bogotá.

FLÓREZ, A. 1997. Estudios de dinámica poblacional del estadio ninfal de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) en la altillanura colombiana. Informe final de pasantía, Ingeniería Agronómica. Universidad de los Llanos, Villavicencio.

GÓMEZ, M.; VILLAMIZAR, L. 1996. Estudio tecnológico para la producción masiva y preformulación de *Metarhizium* spp. para el control biológico de la langosta de los Llanos Orientales de Colombia. Trabajo de grado. Química Farmacéutica. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

GÓMEZ, M.; VILLAMIZAR, L. 1996. Estudio tecnológico para la producción masiva y preformulación de *Metarhizium* spp. para el control biológico de la langosta de los Llanos Orientales de Colombia. Revista Colombiana de Entomología. V 23 N°3-4. Santafé de Bogotá.

GUTIERREZ, J.C.; JIMÉNEZ, H. 1997. Análisis de consumo diario de la especie *Rhammatocerus schistocercoides*, en su estado adulto (Orthoptera:acrididae). En: Resúmenes del XXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología - Socolen. Pereira. p. 119.

GUTIERREZ, J.C.; BARRETO, N. 1999. Biología y dinámica poblacional del grillo de los Llanos Orientales. Informe final. Programa de Epidemiología Vegetal. Corpoica. Santafé de Bogotá.

LEON, G. 1998. La langosta *Rhammatocerus schistocercoides* en los Llanos Orientales. Resultados de la tecnología generada por la regional 8. Informe final. C.I. La Libertad, Villavicencio. 20 p.

ORJUELA, C. 1997. Análisis del consumo diario de *Rhammatocerus schistocercoides* en estadíos ninfales. Pérdidas en arroz y maíz. Informe final de pasantía, Ingeniería Agronómica. Universidad de los Llanos, Villavicencio.

VILLAMIZAR, L. 1998. Efecto de la composición del medio de cultivo en la virulencia de *Metarhizium anisopliae* sobre la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides*. Trabajo de grado. Maestría en Microbiología. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

VILLAMIZAR, L.; COTES, A. 1999. Efecto de la composición del medio de cultivo en la virulencia de *Metarhizium anisopliae* sobre la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides*. Revista Colombiana de Entomología. En prensa. Santafé de Bogotá.

ZAMORA, R. 1996. Evaluación de los hongos entomopatógenos *Metarhizium* spp. bajo condiciones de laboratorio, para el control de la langosta brasilera *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn 1906. Trabajo de grado. Biología. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá.

ANEXOS

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

CONVENCIONES



FRANJAS DE BOSQUES DE GALERIAS NO MAYOR DE 700 MT DE ANCHO



RIO MUÇO



CAÑO CARIMAGUA



AREA DE BAJO. INUNDACIÓN CONSTANTE EN INVIERNO



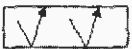
CARRETEABLES SOBRE LA SABANA



ÁREAS EN BLANCO CONSTIRUYEN SABANAS NATIVAS LIGNIFICADAS



ÁREAS DE QUEMA DE SABANA NATIVA



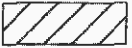
BOSQUE DE BAJO DOCEL. PREDOMINA LA ESPECIE PALICUREA RIGIDA O CHAPARRO BOBO



ÁREAS DE PASTOS INTRODUCIDOS BRACHIARA DYCTIONEURA



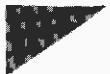
ÁREAS DE PASTOS INTRODUCIDOS BRACHIARA HUMIDICOLA



ÁREA DE PASTOS INTRODUCIDOS BRACHIARA DECUMBENS



ÁREA DE MORICHAL



ÁREAS DE OVIPOSICIÓN DE R. SCHISTOCERCOIDES



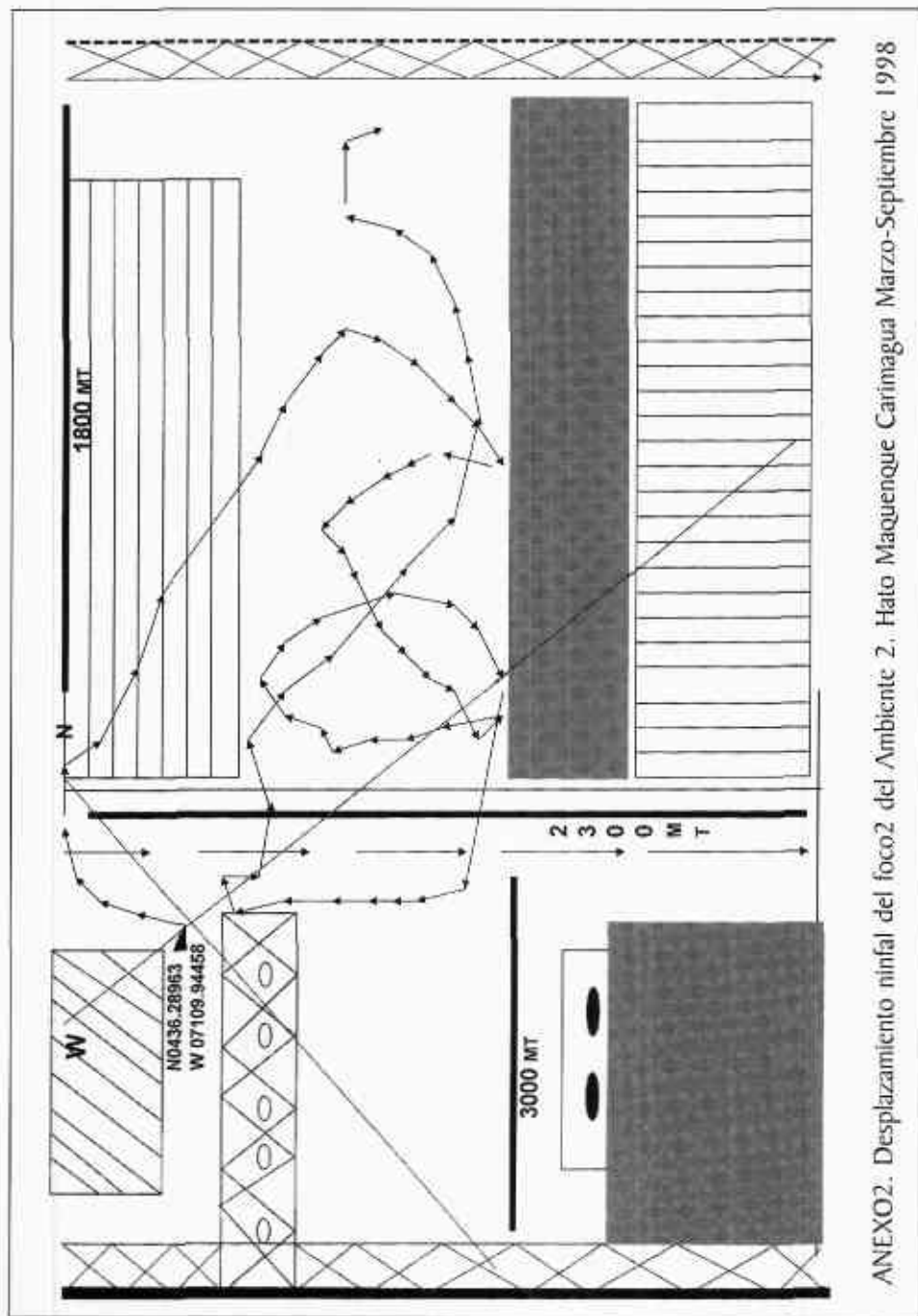
RECORRIDO NINFAL DE R. SCHISTOCERCOIDES EN EL AREA DE ESTUDIO



ORIENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



INICIO DEL RECORRIDO NINFAL



ANEXO2. Desplazamiento ninfal del foco2 del Ambiente 2. Hato Maquenque Carimagua Marzo-Septiembre 1998

ANEXO C. FICHA TÉCNICA DEL BIOPLAGUICIDA

FORMA DE PRESENTACIÓN: Polvo para suspender en emulsión aceite en agua y consta de:

-Frasco 1: Constituido por un polvo fino

-Frasco 2 Constituido por una mezcla de aceites vegetales con tensioactivos.

COMPOSICION:

POLVO			SUSPENSIÓN	
	Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Principio Activo	Esporas de hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	1g	Esporas de hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	1g
Excipientes	Diluentes, adherentes y protector solar	c.s.p 100 g	Diluyente y protector solar Mezcla de aceite vegetal y tensioactivos Agua	c.s.p 100g 100ml c.s.p 5 L

CONCENTRACIÓN:

Polvo: $5 \cdot 10^{10}$ u.f.c/g de polvo

Suspensión: $1 \cdot 10^9$ u.f.c/ml de suspensión

DOSIS:

Polvo: 100g por hectárea

Suspensión: 5 litros por hectárea

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS

Características	POLVO	SUSPENSIÓN
Fisicoquímicas	Tamaño de partícula: 45 μ m Color: blanco grisáceo Porcentaje de humedad: 5% Voluminosidad: 1.86 ml/gr Humectabilidad: Fácilmente humectable con agitación. pH: 7.9	Descripción: Suspensión de apariencia lechosa, de fácil resuspendibilidad. Velocidad de sedimentación: de 0.7 g/min
Microbiológicas	Viabilidad: 5×10^{10} ufc/g Germinación: 90%	Viabilidad: 1×10^9 ufc/ml Germinación: 90%

RECONSTITUCIÓN

- Mezclar el contenido del frasco 1 con el frasco 2 hasta completa homogeneidad.
- Suspender la mezcla en un volumen necesario de agua de tal forma que el volumen final de la suspensión sea 5000 ml.
- Agitar vigorosamente.

FORMA DE APLICACIÓN

Aplicación en bombas de ultra bajo volumen ULV y en bombas de espalda. Estudio tecnológico para la producción masiva y preformulación de *Metarhizium* spp. para el control biológico de la langosta de los Llanos Orientales de Colombia

ALMACENAMIENTO

Almacenar a 8°C en cuarto frío, en contenedores cerrados y oscuros por un período de tiempo no mayor de 24 meses.